

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 7 月 1 5 日
Date of Application:

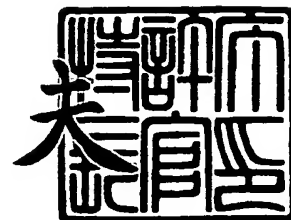
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 9 7 1 8 5
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 9 7 1 8 5]

出 願 人 株 式 会 社 リ コ ー
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 1 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 0305342

【提出日】 平成15年 7月15日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G03G 15/01

【発明の名称】 ベルト駆動制御方法及びその装置、ベルト装置、画像形成装置、プロセスカートリッジ、プログラム並びに記録媒体

【請求項の数】 33

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

【氏名】 松田 裕道

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

【氏名】 小出 博

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

【氏名】 安藤 俊幸

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

【氏名】 小松 真

【特許出願人】

【識別番号】 000006747

【氏名又は名称】 株式会社リコー

【代表者】 桜井 正光

【代理人】

【識別番号】 100098626

【弁理士】

【氏名又は名称】 黒田 壽

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-230537

【出願日】 平成14年 8月 7日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 000505

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9808923

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ベルト駆動制御方法及びその装置、ベルト装置、画像形成装置、プロセスカートリッジ、プログラム並びに記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

無端状のベルトが掛け渡された複数の支持回転体のうち回転駆動力が伝達される駆動支持回転体の回転を制御することにより、該ベルトの駆動を制御するベルト駆動制御方法であって、

上記複数の支持回転体のうち上記回転駆動力の伝達に寄与しない従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度を検出し、

該従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度の検出結果から、上記ベルトの周方向の周期的な厚さ変動に対応した周波数を有する該回転角変位又は該回転角速度の交流成分を抽出し、

該交流成分の振幅及び位相に基づいて、上記駆動支持回転体の回転を制御することを特徴とするベルト駆動制御方法。

【請求項 2】

請求項 1 のベルト駆動制御方法において、

上記従動支持回転体の半径と、上記ベルトの該従動支持回転体に接触している接触部分の移動速度の基準となる実効ベルト厚さと、上記駆動支持回転体の半径と、該ベルトの該駆動支持回転体に接触している接触部分の移動速度の基準となる実効ベルト厚さと、該ベルトの該従動支持回転体との接触部分中央から該ベルトの該駆動支持回転体との接触部分中央までの該ベルトの移動時間とを考慮して、上記交流成分を処理し、

上記駆動支持回転体の回転制御を、該処理後の交流成分の振幅及び位相に基づいて行うことを特徴とするベルト駆動制御方法。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 のベルト駆動制御方法において、

上記駆動支持回転体の回転制御に用いる基準信号の振幅及び位相を変化させながら上記ベルトのテスト駆動を実行し、

該テスト駆動時に得られた上記交流信号との差分が最小になるように該基準信号の振幅及び位相を設定し、

上記駆動支持回転体の回転制御を、該テスト駆動によって設定された振幅及び位相を有するように生成された基準信号と上記交流成分との比較結果に基づいて行うことを特徴とするベルト駆動制御方法。

【請求項 4】

請求項 1 又は 2 のベルト駆動制御方法において、

上記ベルトに設けられた基準位置マークの検出結果を基準にして上記駆動支持回転体を一定角速度で回転させるテスト駆動を実行し、

該テスト駆動で得られた、少なくとも該ベルトの周方向厚さ変動の一周期分の上記交流信号の振幅及び位相の情報を記憶しておき、

該基準位置マークの検出結果と該記憶されている情報とに基づいて目標基準信号を生成し、

上記駆動支持回転体の回転制御を、該生成した目標基準信号と上記交流成分との比較結果に基づいて行うことを特徴とするベルト駆動制御方法。

【請求項 5】

請求項 1、2、3 又は 4 のベルト駆動制御方法において、

上記交流成分の抽出を、上記ベルトの周方向の周期的な厚さ変動に対応した互いに異なる周波数を有する複数の上記交流成分を抽出するように行い、

上記駆動支持回転体の回転制御を、該複数の交流成分に基づいて行うことを特徴とするベルト駆動制御方法。

【請求項 6】

無端状のベルトが掛け渡された複数の支持回転体のうち回転駆動力が伝達される駆動支持回転体の回転を制御することにより、該ベルトの駆動を制御するベルト駆動制御装置であって、

上記複数の支持回転体のうち上記回転駆動力の伝達に寄与しない従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度の検出結果から、上記ベルトの周方向の周期的な厚さ変動に対応した周波数を有する該回転角変位又は該回転角速度の交流成分を抽出し、該交流成分の振幅及び位相に基づいて、上記駆動支持回転体の回転を制

御する制御手段を備えたことを特徴とするベルト駆動制御装置。

【請求項 7】

請求項 6 のベルト駆動制御装置において、

上記従動支持回転体の半径と、上記ベルトの該従動支持回転体に接触している接触部分の移動速度の基準となる実効ベルト厚さと、上記駆動支持回転体の半径と、該ベルトの該駆動支持回転体に接触している接触部分の移動速度の基準となる実効ベルト厚さと、該ベルトの該従動支持回転体との接触部分中央から該ベルトの該駆動支持回転体との接触部分中央までの該ベルトの移動時間とを考慮して、上記交流成分を処理し、

上記駆動支持回転体の回転制御を、該処理後の交流成分の振幅及び位相に基づいて行うように、上記制御手段を構成したことを特徴とするベルト駆動制御装置。

【請求項 8】

請求項 6 又は 7 のベルト駆動制御装置において、

上記駆動支持回転体の回転制御に用いる基準信号の振幅及び位相を変化させながら上記ベルトのテスト駆動を実行し、該テスト駆動時に得られた上記交流信号との差分が最小になるように該基準信号の振幅及び位相を設定し、上記駆動支持回転体の回転制御を、該テスト駆動によって設定された振幅及び位相を有するように生成された基準信号と上記交流成分との比較結果に基づいて行うように、上記制御手段を構成したことを特徴とするベルト駆動制御装置。

【請求項 9】

請求項 6 又は 7 のベルト駆動制御装置において、

上記ベルトに設けられた基準位置マークの検出結果を基準にして上記駆動支持回転体を一定角速度で回転させるテスト駆動を実行し、該テスト駆動で得られた、少なくとも該ベルトの厚さ変動の一周期分の上記交流信号の振幅及び位相の情報を記憶しておき、該基準位置マークの検出結果と該記憶されている情報とに基づいて目標基準信号を生成し、上記駆動支持回転体の回転制御を、該生成した目標基準信号と上記交流成分との比較結果に基づいて行うように、上記制御手段を構成したことを特徴とするベルト駆動制御装置。

【請求項 10】

請求項 6、7、8 又は 9 のベルト駆動制御装置において、

上記交流成分の抽出を、上記ベルトの周方向の周期的な厚さ変動に対応した互いに異なる周波数を有する複数の上記交流成分を抽出するように行い、上記駆動支持回転体の回転制御を、該複数の交流成分に基づいて行うように、上記制御手段を構成したことを特徴とするベルト駆動制御装置。

【請求項 11】

複数の支持回転体に掛け渡された無端状のベルトと、該ベルトを駆動するための回転駆動力を発生する駆動源と、複数の支持回転体のうち該回転駆動力の伝達に寄与しない従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度を検出する検出手段と、該検出手段の検出結果に基づいて、複数の支持回転体のうち該駆動源からの回転駆動力が伝達される駆動支持回転体の回転を制御することにより、該ベルトの駆動を制御するベルト駆動制御装置とを備えたベルト装置であって、

該ベルト駆動制御装置として、請求項 6、7、8、9 又は 10 のベルト駆動制御装置を用いたことを特徴とするベルト装置。

【請求項 12】

請求項 11 のベルト装置において、

上記駆動支持回転体の半径と上記従動支持回転体の半径とが等しいことを特徴とするベルト装置。

【請求項 13】

請求項 12 のベルト装置において、

上記ベルトの該従動支持回転体との接触部分中央から該ベルトの該駆動支持回転体との接触部分中央までの該ベルトの移動距離が、該ベルトの周方向厚さ変動の半周期に対応する長さの奇数倍であることを特徴とするベルト装置。

【請求項 14】

請求項 11 のベルト装置において、

上記駆動支持回転体の半径と上記従動支持回転体の半径とが異なり、

上記ベルトの該従動支持回転体との接触部分中央から該ベルトの該駆動支持回転体との接触部分中央までの該ベルトの移動距離が、該ベルトの周方向厚さ変動

の半周期に対応する長さの偶数倍であることを特徴とするベルト装置。

【請求項 15】

請求項 11、12、13 又は 14 のベルト装置において、
上記検出手段を、複数の従動支持回転体のうち温度による厚さ変動を受けにくい箇所に配置された従動支持回転体について設けたことを特徴とするベルト装置。

【請求項 16】

上記無端状のベルトが、画像形成装置に用いる感光体ベルトである請求項 11、12、13、14 又は 15 のベルト装置。

【請求項 17】

上記無端状のベルトが、画像形成装置に用いる中間転写ベルトである請求項 11、12、13、14 又は 15 のベルト装置。

【請求項 18】

上記無端状のベルトが、画像形成装置において潜像担持体上の画像を転写する転写位置に転写材を保持して搬送する転写材搬送ベルトである請求項 11、12、13、14 又は 15 のベルト装置。

【請求項 19】

上記無端状のベルトが、画像形成装置において中間転写体上の画像を転写する転写位置に転写材を保持して搬送する転写材搬送ベルトである請求項 11、12、13、14 又は 15 のベルト装置。

【請求項 20】

複数の支持回転体に掛け渡された無端状のベルトからなる潜像担持体と、該潜像担持体に潜像を形成する潜像形成手段と、該潜像担持体上の潜像を現像する現像手段と、該潜像担持体上の顕像を転写材に転写する転写手段と、該潜像担持体を駆動するための回転駆動力を発生する駆動源と、複数の支持回転体のうち該回転駆動力の伝達に寄与しない従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度を検出する検出手段と、該検出手段の検出結果に基づいて、複数の支持回転体のうち該駆動源からの回転駆動力が伝達される駆動支持回転体の回転を制御することにより、該潜像担持体の駆動を制御するベルト駆動制御装置とを備えた画像形成装置

であって、

上記ベルト駆動制御装置は、上記複数の支持回転体のうち上記回転駆動力の伝達に寄与しない従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度を検出し、該従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度の検出結果から、上記潜像担持体の周方向の周期的な厚さ変動に対応した周波数を有する該回転角変位又は該回転角速度の交流成分を抽出し、該交流成分の振幅及び位相に基づいて、上記駆動支持回転体の回転を制御する制御手段を備えたことを特徴とする画像形成装置。

【請求項 21】

潜像担持体と、該潜像担持体に潜像を形成する潜像形成手段と、該潜像担持体上の潜像を現像する現像手段と、複数の支持回転体に掛け渡された無端状のベルトからなる中間転写体と、該潜像担持体上の顕像を該中間転写体に転写する第1の転写手段と、該中間転写体上の顕像を転写材に転写する第2の転写手段と、該中間転写体を駆動するための回転駆動力を発生する駆動源と、複数の支持回転体のうち該回転駆動力の伝達に寄与しない従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度を検出する検出手段と、該検出手段の検出結果に基づいて、複数の支持回転体のうち該駆動源からの回転駆動力が伝達される駆動支持回転体の回転を制御することにより、該中間転写体の駆動を制御するベルト駆動制御装置とを備えた画像形成装置であって、

上記ベルト駆動制御装置は、上記複数の支持回転体のうち上記回転駆動力の伝達に寄与しない従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度を検出し、該従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度の検出結果から、上記中間転写体の周方向の周期的な厚さ変動に対応した周波数を有する該回転角変位又は該回転角速度の交流成分を抽出し、該交流成分の振幅及び位相に基づいて、上記駆動支持回転体の回転を制御する制御手段を備えたことを特徴とする画像形成装置。

【請求項 22】

潜像担持体と、該潜像担持体に潜像を形成する潜像形成手段と、該潜像担持体上の潜像を現像する現像手段と、複数の支持回転体に掛け渡された無端状のベルトからなる転写材搬送部材と、該潜像担持体上の顕像を中間転写体を介して又は中間転写体を介しないで直接に、該転写材搬送部材で搬送されている転写材に転

写する転写手段と、該転写材搬送部材を駆動するための回転駆動力を発生する駆動源と、複数の支持回転体のうち該回転駆動力の伝達に寄与しない従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度を検出する検出手段と、該検出手段の検出結果に基づいて、複数の支持回転体のうち該駆動源からの回転駆動力が伝達される駆動支持回転体の回転を制御することにより、該転写材搬送部材の駆動を制御するベルト駆動制御装置とを備えた画像形成装置であって、

上記ベルト駆動制御装置は、上記複数の支持回転体のうち上記回転駆動力の伝達に寄与しない従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度を検出し、該従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度の検出結果から、上記転写材搬送部材の周方向の周期的な厚さ変動に対応した周波数を有する該回転角変位又は該回転角速度の交流成分を抽出し、該交流成分の振幅及び位相に基づいて、上記駆動支持回転体の回転を制御する制御手段を備えたことを特徴とする画像形成装置。

【請求項 2 3】

請求項 2 0、2 1 又は 2 2 の画像形成装置において、

上記従動支持回転体の半径と、上記ベルトの該従動支持回転体に接触している接触部分の移動速度の基準となる実効ベルト厚さと、上記駆動支持回転体の半径と、該ベルトの該駆動支持回転体に接触している接触部分の移動速度の基準となる実効ベルト厚さと、該ベルトの該従動支持回転体との接触部分中央から該ベルトの該駆動支持回転体との接触部分中央までの該ベルトの移動時間とを考慮して、上記交流成分を処理し、

上記駆動支持回転体の回転制御を、該処理後の交流成分の振幅及び位相に基づいて行うように、上記制御手段を構成したことを特徴とする画像形成装置。

【請求項 2 4】

請求項 2 0、2 1、2 2 又は 2 3 の画像形成装置において、

上記駆動支持回転体の回転制御に用いる基準信号の振幅及び位相を変化させながら上記ベルトのテスト駆動を実行し、該テスト駆動時に得られた上記交流信号との差分が最小になるように該基準信号の振幅及び位相を設定し、上記駆動支持回転体の回転制御を、該テスト駆動によって設定された振幅及び位相を有するように生成された基準信号と上記交流成分との比較結果に基づいて行うように、上

記制御手段を構成したことを特徴とする画像形成装置。

【請求項 25】

請求項 20、21、22 又は 23 の画像形成装置において、

上記ベルトに設けられた基準位置マークの検出結果を基準にして上記駆動支持回転体を一定角速度で回転させるテスト駆動を実行し、該テスト駆動で得られた、少なくとも該ベルトの厚さ変動の一周期分の上記交流信号の振幅及び位相の情報を記憶しておき、該基準位置マークの検出結果と該記憶されている情報とに基づいて目標基準信号を生成し、上記駆動支持回転体の回転制御を、該生成した目標基準信号と上記交流成分との比較結果に基づいて行うように、上記制御手段を構成したことを特徴とする画像形成装置。

【請求項 26】

請求項 20、21、22、23、24 又は 25 の画像形成装置において、

上記交流成分の抽出を、上記ベルトの周方向の周期的な厚さ変動に対応した互いに異なる周波数を有する複数の上記交流成分を抽出するように行い、上記駆動支持回転体の回転制御を、該複数の交流成分に基づいて行うように、上記制御手段を構成したことを特徴とする画像形成装置。

【請求項 27】

請求項 20 の画像形成装置に用いるプロセスカートリッジであって、

少なくとも上記潜像担持体及び上記ベルト駆動制御装置を含み且つ該画像形成装置本体に対して着脱可能に構成されたことを特徴とするプロセスカートリッジ。

【請求項 28】

無端状のベルトが掛け渡された複数の支持回転体のうち回転駆動力が伝達される駆動支持回転体の回転を制御することにより、該ベルトの駆動を制御するためのプログラムであって、

上記複数の支持回転体のうち上記回転駆動力の伝達に寄与しない従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度の検出データから、上記ベルトの周方向の周期的な厚さ変動に対応した周波数を有する該回転角変位又は該回転角速度の交流成分を抽出するステップと、

該交流成分の振幅及び位相に基づいて、該駆動支持回転体の回転を制御するステップとを、コンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

【請求項 29】

請求項 28 のプログラムにおいて、

上記従動支持回転体の半径と、上記ベルトの該従動支持回転体に接触している接触部分の移動速度の基準となる実効ベルト厚さと、上記駆動支持回転体の半径と、該ベルトの該駆動支持回転体に接触している接触部分の移動速度の基準となる実効ベルト厚さと、該ベルトの該従動支持回転体との接触部分中央から該ベルトの該駆動支持回転体との接触部分中央までの該ベルトの移動時間とを考慮して、上記交流成分を処理するステップを、コンピュータを用いて実行させ、

上記駆動支持回転体の回転制御は、該処理後の交流成分の振幅及び位相に基づいて行うことを特徴とするプログラム。

【請求項 30】

請求項 28 又は 29 のプログラムにおいて、

上記駆動支持回転体の回転制御に用いる基準信号の振幅及び位相を変化させながら上記ベルトのテスト駆動を実行し、該テスト駆動時に得られた上記交流信号との差分が最小になるように該基準信号の振幅及び位相を設定するステップを、コンピュータを用いて実行させ、

上記駆動支持回転体の回転制御は、該テスト駆動によって設定された振幅及び位相を有するように生成された基準信号と上記交流成分との比較結果に基づいて行うことを特徴とするプログラム。

【請求項 31】

請求項 28 又は 29 のプログラムにおいて、

上記ベルトに設けられた基準位置マークの検出結果を基準にして上記駆動支持回転体を一定角速度で回転させるテスト駆動を実行し、該テスト駆動で得られた、少なくとも該ベルトの周方向厚さ変動の一周期分の上記交流信号の振幅及び位相の情報を記憶するステップと、該基準位置マークの検出結果と該記憶されている情報とに基づいて目標基準信号を生成するステップとを、コンピュータに実行させ、

上記駆動支持回転体の回転制御は、該生成した目標基準信号と上記交流成分との比較結果に基づいて行うことを特徴とするプログラム。

【請求項 3 2】

請求項 2 8、2 9、3 0 又は 3 1 のプログラムにおいて、

上記交流成分の抽出を、上記ベルトの周方向の周期的な厚さ変動に対応した互いに異なる周波数を有する複数の上記交流成分を抽出するように行い、

上記駆動支持回転体の回転制御を、該複数の交流成分に基づいて行うことを特徴とするプログラム。

【請求項 3 3】

無端状のベルトが掛け渡された複数の支持回転体のうち回転駆動力が伝達される駆動支持回転体の回転を制御することにより、該ベルトの駆動を制御するためのプログラムが格納された記録媒体であって、

該プログラムが、請求項 2 8、2 9、3 0、3 1 又は 3 2 のプログラムであることを特徴とする記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、無端状のベルトが掛け渡された複数の支持回転体のうち回転駆動力が伝達される駆動支持回転体の回転を制御するベルト駆動制御方法及びその装置、ベルト装置、プロセスカートリッジ、画像形成装置、プログラム並びに記録媒体に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、電子写真方式の画像形成装置において感光体ベルト、中間転写ベルト、紙搬送ベルト等の無端状のベルトを用いる場合、ベルトの高精度な駆動制御が高品位な画像を得るために必須である。特に画像形成速度に優れ且つ小型化に適したタンデム型のカラー画像形成装置では、転写材である記録用紙を搬送する搬送ベルトの高精度な駆動制御が要求される。このタンデム型のカラー画像形成装置では、無端状の搬送ベルトを用いて記録用紙を搬送し、その搬送方向に沿って配

置された互いに異なる単色画像を形成する複数の画像形成ユニットを順次通過させる。これにより、記録用紙上に各単色画像を重ね合わせて形成しカラー画像を得ることができる。

ここで、電子写真方式によるタンデム型のカラー画像形成装置の一例について具体的に説明する。このタンデム型のカラー画像形成装置では、例えば黄、マゼンタ、シアンおよび黒の各単色画像を形成する画像形成ユニットが記録用紙の搬送方向に順次配置される。そして、レーザ露光ユニットにより感光体ドラム表面に形成された静電潜像が各画像形成ユニットで現像されることによりトナー画像が形成される。そして、静電力により搬送ベルトに付着されて搬送される記録用紙上に順次重ね合わられて転写された後、定着器によってトナーが溶融圧着されることにより、記録用紙上にカラー画像が形成される。搬送ベルトは、互いに平行に配置された駆動ローラと従動ローラとの間に適当なテンションで掛け渡される。駆動ローラは、モータによって所定の回転速度で回転駆動され、それに伴い搬送ベルトも所定の速度で回転移動する。記録用紙は給紙機構によって所定のタイミングで搬送ベルトの画像形成ユニット側に供給され、搬送ベルトの移動速度と同一速度で移動して搬送されることにより、各画像形成ユニットを順次通過する。このようなタンデム型のカラー画像形成装置では、記録用紙の搬送速度、つまり搬送ベルトの移動速度を所定の速度にすることが、記録用紙上で重ね合わせられる各単色画像の相対位置ずれを低減させる上で極めて重要である。

【 0 0 0 3 】

以上のように感光体ベルト、中間転写ベルト、搬送ベルト等の無端状のベルトを一定の移動速度で移動させる高精度な駆動制御が要求される。このベルトの高精度な駆動制御ために、従来、ベルトを駆動する駆動ローラの回転速度を一定にするように駆動ローラの回転を制御する駆動制御方法が知られている。この駆動制御方法は、駆動源であるモータの回転角速度や、モータで発生する回転駆動力を駆動ローラに伝達させるギヤの回転角速度を一定に保持することにより、駆動ローラの回転速度を一定にする駆動制御方法である。

【 0 0 0 4 】

しかしながら、上記従来のベルトの駆動制御方法では、ベルトの厚さ変動、特

にベルト移動方向に沿った方向で厚さ変動がある場合、駆動ローラの回転角速度を一定にしてもベルトの移動速度を一定にできないという問題点があった。そこで、この問題点を解決するために次のような制御方法が知られている。

例えば、特許文献1に記載の方法では、あらかじめベルトの厚さを測定し、これに基づきベルトの移動速度を一定にするのに必要な駆動源のパラメータを算出して、駆動ローラの回転数を制御する。しかしながら、この方法は、微小な搬送ベルトの厚さを測定することが非常に困難であることから実施が難しい。また、部品コストはかからないが、生産時あるいは市場でのサービス時に計測データを機器に入力する必要があるため、製造コストやサービスコストが高くなってしまいうという問題点を有している。

また、特許文献2に記載の方法では、ベルトの厚さを測定しながら駆動ローラの回転数を補正制御する、あるいはベルト1周分の厚さ変動を記録して、これに基づき駆動ローラの回転数を補正制御する。しかしながら、この方法では、微小な搬送ベルトの厚さをリアルタイムで測定することが非常に困難であり、かつ、検出感度を上げるために高価なセンサ等を使用する必要があり製造コストが高くなってしまいうという問題点を有している。

また、特許文献3に記載の方法では、ベルト厚さ変動が1周にわたりサイン波で発生しやすい遠心成形法で形成されたベルトを装置本体へ組込む前に、製造工程であらかじめ転写ベルトの全周における厚さプロファイル（厚さムラ）を測定し、ROMに記憶させる。その全周方向の厚さプロファイルが同様な位相を示す位置にホームポジションとなる基準マークを付し、その位置を検出することによって、厚さ変動によるベルト速度変動をキャンセルするように、ベルト駆動手段を制御する。しかしながら、この方法では、ベルト製造において大幅なコストアップとなるという問題点を有している。

【0005】

なお、特許文献4には、過去の動作での制御目標と誤差の関係を蓄積し、制御目標を補正することで、転写ベルトの周方向の厚さ変動に対しより安定な動作を行うことができるとの記載がある（特許文献4の段落0034参照）が、その制御目標の補正及び制御の具体的な内容については開示がない。

【0006】**【特許文献1】**

特許 2639106 号公報

【特許文献2】

特開 2001-228777 号公報

【特許文献3】

特開 2000-310897 号公報

【特許文献4】

特開平 11-174932 号公報

【0007】**【発明が解決しようとする課題】**

本発明は以上の問題点に鑑みなされたものである。その目的は、コストアップを抑えつつ、ベルトの厚さ変動の影響を受けずにベルトを一定の移動速度で駆動することができるベルト駆動制御方法及びその装置を提供することである。更に、他の目的は、かかるベルトの駆動制御が可能となるベルト装置、プロセスカートリッジ、画像形成装置、プログラム及び記録媒体を提供することである。

【0008】**【課題を解決するための手段】**

上記目的を達成するために、請求項1の発明は、無端状のベルトが掛け渡された複数の支持回転体のうち回転駆動力が伝達される駆動支持回転体の回転を制御することにより、該ベルトの駆動を制御するベルト駆動制御方法であって、上記複数の支持回転体のうち上記回転駆動力の伝達に寄与しない従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度を検出し、該従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度の検出結果から、上記ベルトの周方向の周期的な厚さ変動に対応した周波数を有する回転角変位又は該該回転角速度の交流成分を抽出し、該交流成分の振幅及び位相に基づいて、上記駆動支持回転体の回転を制御することを特徴とするものである。

請求項2の発明は、請求項1のベルト駆動制御方法において、上記従動支持回転体の半径と、上記ベルトの該従動支持回転体に接触している接触部分の移動速

度の基準となる実効ベルト厚さと、上記駆動支持回転体の半径と、該ベルトの該駆動支持回転体に接触している接触部分の移動速度の基準となる実効ベルト厚さと、該ベルトの該従動支持回転体との接触部分中央から該ベルトの該駆動支持回転体との接触部分中央までの該ベルトの移動時間とを考慮して、上記交流成分を処理し、上記駆動支持回転体の回転制御を、該処理後の交流成分の振幅及び位相に基づいて行うことを特徴とするものである。

請求項 3 の発明は、請求項 1 又は 2 のベルト駆動制御方法において、上記駆動支持回転体の回転制御に用いる基準信号の振幅及び位相を変化させながら上記ベルトのテスト駆動を実行し、該テスト駆動時に得られた上記交流信号との差分が最小になるように該基準信号の振幅及び位相を設定し、上記駆動支持回転体の回転制御を、該テスト駆動によって設定された振幅及び位相を有するように生成された基準信号と上記交流成分との比較結果に基づいて行うことを特徴とするものである。

請求項 4 の発明は、請求項 1 又は 2 のベルト駆動制御方法において、上記ベルトに設けられた基準位置マークの検出結果を基準にして上記駆動支持回転体を一定角速度で回転させるテスト駆動を実行し、該テスト駆動で得られた、少なくとも該ベルトの周方向厚さ変動の一周期分の上記交流信号の振幅及び位相の情報を記憶しておき、該基準位置マークの検出結果と該記憶されている情報とに基づいて目標基準信号を生成し、上記駆動支持回転体の回転制御を、該生成した目標基準信号と上記交流成分との比較結果に基づいて行うことを特徴とするものである。

請求項 5 の発明は、請求項 1、2、3 又は 4 のベルト駆動制御方法において、上記交流成分の抽出を、上記ベルトの周方向の周期的な厚さ変動に対応した互いに異なる周波数を有する複数の上記交流成分を抽出するように行い、上記駆動支持回転体の回転制御を、該複数の交流成分に基づいて行うことを特徴とするものである。

【0009】

請求項 6 の発明は、無端状のベルトが掛け渡された複数の支持回転体のうち回転駆動力が伝達される駆動支持回転体の回転を制御することにより、該ベルトの

駆動を制御するベルト駆動制御装置であって、上記複数の支持回転体のうち上記回転駆動力の伝達に寄与しない従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度の検出結果から、上記ベルトの周方向の周期的な厚さ変動に対応した周波数を有する該回転角変位又は該回転角速度の交流成分を抽出し、該交流成分の振幅及び位相に基づいて、上記駆動支持回転体の回転を制御する制御手段を備えたことを特徴とするものである。

請求項7の発明は、請求項6のベルト駆動制御装置において、上記従動支持回転体の半径と、上記ベルトの該従動支持回転体に接触している接触部分の移動速度の基準となる実効ベルト厚さと、上記駆動支持回転体の半径と、該ベルトの該駆動支持回転体に接触している接触部分の移動速度の基準となる実効ベルト厚さと、該ベルトの該従動支持回転体との接触部分中央から該ベルトの該駆動支持回転体との接触部分中央までの該ベルトの移動時間とを考慮して、上記交流成分を処理し、上記駆動支持回転体の回転制御を、該処理後の交流成分の振幅及び位相に基づいて行うように、上記制御手段を構成したことを特徴とするものである。

請求項8の発明は、請求項6又は7のベルト駆動制御装置において、上記駆動支持回転体の回転制御に用いる基準信号の振幅及び位相を変化させながら上記ベルトのテスト駆動を実行し、該テスト駆動時に得られた上記交流信号との差分が最小になるように該基準信号の振幅及び位相を設定し、上記駆動支持回転体の回転制御を、該テスト駆動によって設定された振幅及び位相を有するように生成された基準信号と上記交流成分との比較結果に基づいて行うように、上記制御手段を構成したことを特徴とするものである。

請求項9の発明は、請求項6又は7のベルト駆動制御装置において、上記ベルトに設けられた基準位置マークの検出結果を基準にして上記駆動支持回転体を一定角速度で回転させるテスト駆動を実行し、該テスト駆動で得られた、少なくとも該ベルトの厚さ変動の一周期分の上記交流信号の振幅及び位相の情報を記憶しておき、該基準位置マークの検出結果と該記憶されている情報とに基づいて目標基準信号を生成し、上記駆動支持回転体の回転制御を、該生成した目標基準信号と上記交流成分との比較結果に基づいて行うように、上記制御手段を構成したことを特徴とするものである。

請求項 1 0 の発明は、請求項 6、7、8 又は 9 のベルト駆動制御装置において、上記交流成分の抽出を、上記ベルトの周方向の周期的な厚さ変動に対応した互いに異なる周波数を有する複数の上記交流成分を抽出するように行い、上記駆動支持回転体の回転制御を、該複数の交流成分に基づいて行うように、上記制御手段を構成したことを特徴とするものである。

【0 0 1 0】

請求項 1 1 の発明は、複数の支持回転体に掛け渡された無端状のベルトと、該ベルトを駆動するための回転駆動力を発生する駆動源と、複数の支持回転体のうち該回転駆動力の伝達に寄与しない従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度を検出する検出手段と、該検出手段の検出結果に基づいて、複数の支持回転体のうち該駆動源からの回転駆動力が伝達される駆動支持回転体の回転を制御することにより、該ベルトの駆動を制御するベルト駆動制御装置とを備えたベルト装置であって、該ベルト駆動制御装置として、請求項 6、7、8、9 又は 1 0 のベルト駆動制御装置を用いたことを特徴とするものである。

請求項 1 2 の発明は、請求項 1 1 のベルト装置において、上記駆動支持回転体の半径と上記従動支持回転体の半径とが等しいことを特徴とするものである。

請求項 1 3 の発明は、請求項 1 2 のベルト装置において、上記ベルトの該従動支持回転体との接触部分中央から該ベルトの該駆動支持回転体との接触部分中央までの該ベルトの移動距離が、該ベルトの周方向厚さ変動の半周期に対応する長さの奇数倍であることを特徴とするものである。

請求項 1 4 の発明は、請求項 1 1 のベルト装置において、上記駆動支持回転体の半径と上記従動支持回転体の半径とが異なり、上記ベルトの該従動支持回転体との接触部分中央から該ベルトの該駆動支持回転体との接触部分中央までの該ベルトの移動距離が、該ベルトの周方向厚さ変動の半周期に対応する長さの偶数倍であることを特徴とするものである。

請求項 1 5 の発明は、請求項 1 1、1 2、1 3 又は 1 4 のベルト装置において、上記検出手段を、複数の従動支持回転体のうち温度による厚さ変動を受けにくい箇所に配置された従動支持回転体について設けたことを特徴とするものである。

請求項 1 6 の発明は、上記無端状のベルトが、画像形成装置に用いる感光体ベルトである請求項 1 1、1 2、1 3、1 4、又は 1 5 のベルト装置である。

請求項 1 7 の発明は、上記無端状のベルトが、画像形成装置に用いる中間転写ベルトである請求項 1 1、1 2、1 3、1 4 又は 1 5 のベルト装置である。

請求項 1 8 の発明は、上記無端状のベルトが、画像形成装置において潜像担持体上の画像を転写する転写位置に転写材を保持して搬送する転写材搬送ベルトである請求項 1 1、1 2、1 3、1 4 又は 1 5 のベルト装置である。

請求項 1 9 の発明は、上記無端状のベルトが、画像形成装置において中間転写体上の画像を転写する転写位置に転写材を保持して搬送する転写材搬送ベルトである請求項 1 1、1 2、1 3、1 4 又は 1 5 のベルト装置である。

【 0 0 1 1 】

請求項 2 0 の発明は、複数の支持回転体に掛け渡された無端状のベルトからなる潜像担持体と、該潜像担持体に潜像を形成する潜像形成手段と、該潜像担持体上の潜像を現像する現像手段と、該潜像担持体上の顕像を転写材に転写する転写手段と、該潜像担持体を駆動するための回転駆動力を発生する駆動源と、複数の支持回転体のうち該回転駆動力の伝達に寄与しない従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度を検出する検出手段と、該検出手段の検出結果に基づいて、複数の支持回転体のうち該駆動源からの回転駆動力が伝達される駆動支持回転体の回転を制御することにより、該潜像担持体の駆動を制御するベルト駆動制御装置とを備えた画像形成装置であって、上記ベルト駆動制御装置は、上記複数の支持回転体のうち上記回転駆動力の伝達に寄与しない従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度を検出し、該従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度の検出結果から、上記潜像担持体の周方向の周期的な厚さ変動に対応した周波数を有する該回転角変位又は該回転角速度の交流成分を抽出し、該交流成分の振幅及び位相に基づいて、上記駆動支持回転体の回転を制御する制御手段を備えたことを特徴とするものである。

請求項 2 1 の発明は、潜像担持体と、該潜像担持体に潜像を形成する潜像形成手段と、該潜像担持体上の潜像を現像する現像手段と、複数の支持回転体に掛け渡された無端状のベルトからなる中間転写体と、該潜像担持体上の顕像を該中間

転写体に転写する第 1 の転写手段と、該中間転写体上の顕像を転写材に転写する第 2 の転写手段と、該中間転写体を駆動するための回転駆動力を発生する駆動源と、複数の支持回転体のうち該回転駆動力の伝達に寄与しない従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度を検出する検出手段と、該検出手段の検出結果に基づいて、複数の支持回転体のうち該駆動源からの回転駆動力が伝達される駆動支持回転体の回転を制御することにより、該中間転写体の駆動を制御するベルト駆動制御装置とを備えた画像形成装置であって、上記ベルト駆動制御装置は、上記複数の支持回転体のうち上記回転駆動力の伝達に寄与しない従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度を検出し、該従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度の検出結果から、上記中間転写体の周方向の周期的な厚さ変動に対応した周波数を有する該回転角変位又は該回転角速度の交流成分を抽出し、該交流成分の振幅及び位相に基づいて、上記駆動支持回転体の回転を制御する制御手段を備えたことを特徴とするものである。

請求項 2 2 の発明は、潜像担持体と、該潜像担持体に潜像を形成する潜像形成手段と、該潜像担持体上の潜像を現像する現像手段と、複数の支持回転体に掛け渡された無端状のベルトからなる転写材搬送部材と、該潜像担持体上の顕像を中間転写体を介して又は中間転写体を介しないで直接に、該転写材搬送部材で搬送されている転写材に転写する転写手段と、該転写材搬送部材を駆動するための回転駆動力を発生する駆動源と、複数の支持回転体のうち該回転駆動力の伝達に寄与しない従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度を検出する検出手段と、該検出手段の検出結果に基づいて、複数の支持回転体のうち該駆動源からの回転駆動力が伝達される駆動支持回転体の回転を制御することにより、該転写材搬送部材の駆動を制御するベルト駆動制御装置とを備えた画像形成装置であって、上記ベルト駆動制御装置は、上記複数の支持回転体のうち上記回転駆動力の伝達に寄与しない従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度を検出し、該従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度の検出結果から、上記転写材搬送部材の周方向の周期的な厚さ変動に対応した周波数を有する該回転角変位又は該回転角速度の交流成分を抽出し、該交流成分の振幅及び位相に基づいて、上記駆動支持回転体の回転を制御する制御手段を備えたことを特徴とするものである。

請求項 23 の発明は、請求項 20、21 又は 22 の画像形成装置において、上記従動支持回転体の半径と、上記ベルトの該従動支持回転体に接触している接触部分の移動速度の基準となる実効ベルト厚さと、上記駆動支持回転体の半径と、該ベルトの該駆動支持回転体に接触している接触部分の移動速度の基準となる実効ベルト厚さと、該ベルトの該従動支持回転体との接触部分中央から該ベルトの該駆動支持回転体との接触部分中央までの該ベルトの移動時間とを考慮して、上記交流成分を処理し、上記駆動支持回転体の回転制御を、該処理後の交流成分の振幅及び位相に基づいて行うように、上記制御手段を構成したことを特徴とするものである。

請求項 24 の発明は、請求項 20、21、22 又は 23 の画像形成装置において、上記駆動支持回転体の回転制御に用いる基準信号の振幅及び位相を変化させながら上記ベルトのテスト駆動を実行し、該テスト駆動時に得られた上記交流信号との差分が最小になるように該基準信号の振幅及び位相を設定し、上記駆動支持回転体の回転制御を、該テスト駆動によって設定された振幅及び位相を有するように生成された基準信号と上記交流成分との比較結果に基づいて行うように、上記制御手段を構成したことを特徴とするものである。

請求項 25 の発明は、請求項 20、21、22 又は 23 の画像形成装置において、上記ベルトに設けられた基準位置マークの検出結果を基準にして上記駆動支持回転体を一定角速度で回転させるテスト駆動を実行し、該テスト駆動で得られた、少なくとも該ベルトの厚さ変動の一周期分の上記交流信号の振幅及び位相の情報を記憶しておき、該基準位置マークの検出結果と該記憶されている情報とに基づいて目標基準信号を生成し、上記駆動支持回転体の回転制御を、該生成した目標基準信号と上記交流成分との比較結果に基づいて行うように、上記制御手段を構成したことを特徴とするものである。

請求項 26 の発明は、請求項 20、21、22、23、24 又は 25 の画像形成装置において、上記交流成分の抽出を、上記ベルトの周方向の周期的な厚さ変動に対応した互いに異なる周波数を有する複数の上記交流成分を抽出するように行い、上記駆動支持回転体の回転制御を、該複数の交流成分に基づいて行うように、上記制御手段を構成したことを特徴とするものである。

請求項 2 7 の発明は、請求項 2 0 の画像形成装置に用いるプロセスカートリッジであって、少なくとも上記潜像担持体及び上記ベルト駆動制御装置を含み且つ該画像形成装置本体に対して着脱可能に構成されたことを特徴とするものである。

【 0 0 1 2 】

請求項 2 8 の発明は、無端状のベルトが掛け渡された複数の支持回転体のうち回転駆動力が伝達される駆動支持回転体の回転を制御することにより、該ベルトの駆動を制御するためのプログラムであって、上記複数の支持回転体のうち上記回転駆動力の伝達に寄与しない従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度の検出データから、上記ベルトの周方向の周期的な厚さ変動に対応した周波数を有する該回転角変位又は該回転角速度の交流成分を抽出するステップと、該交流成分の振幅及び位相に基づいて、該駆動支持回転体の回転を制御するステップとを、コンピュータに実行させることを特徴とするものである。

請求項 2 9 の発明は、請求項 2 8 のプログラムにおいて、上記従動支持回転体の半径と、上記ベルトの該従動支持回転体に接触している接触部分の移動速度の基準となる実効ベルト厚さと、上記駆動支持回転体の半径と、該ベルトの該駆動支持回転体に接触している接触部分の移動速度の基準となる実効ベルト厚さと、該ベルトの該従動支持回転体との接触部分中央から該ベルトの該駆動支持回転体との接触部分中央までの該ベルトの移動時間とを考慮して、上記交流成分を処理するステップを、コンピュータを用いて実行させ、上記駆動支持回転体の回転制御は、該処理後の交流成分の振幅及び位相に基づいて行うことを特徴とするものである。

請求項 3 0 の発明は、請求項 2 8 又は 2 9 のプログラムにおいて、上記駆動支持回転体の回転制御に用いる基準信号の振幅及び位相を変化させながら上記ベルトのテスト駆動を実行し、該テスト駆動時に得られた上記交流信号との差分が最小になるように該基準信号の振幅及び位相を設定するステップを、コンピュータを用いて実行させ、上記駆動支持回転体の回転制御は、該テスト駆動によって設定された振幅及び位相を有するように生成された基準信号と上記交流成分との比較結果に基づいて行うことを特徴とするものである。

請求項 31 の発明は、請求項 28 又は 29 のプログラムにおいて、上記ベルトに設けられた基準位置マークの検出結果を基準にして上記駆動支持回転体を一定角速度で回転させるテスト駆動を実行し、該テスト駆動で得られた、少なくとも該ベルトの周方向厚さ変動の一周期分の上記交流信号の振幅及び位相の情報を記憶するステップと、該基準位置マークの検出結果と該記憶されている情報に基づいて目標基準信号を生成するステップとを、コンピュータに実行させ、上記駆動支持回転体の回転制御は、該生成した目標基準信号と上記交流成分との比較結果に基づいて行うことを特徴とするものである。

請求項 32 の発明は、請求項 28、29、30 又は 31 のプログラムにおいて、上記交流成分の抽出を、上記ベルトの周方向の周期的な厚さ変動に対応した互いに異なる周波数を有する複数の上記交流成分を抽出するように行い、上記駆動支持回転体の回転制御を、該複数の交流成分に基づいて行うことを特徴とするものである。

請求項 33 の発明は、無端状のベルトが掛け渡された複数の支持回転体のうち回転駆動力が伝達される駆動支持回転体の回転を制御することにより、該ベルトの駆動を制御するためのプログラムが格納された記録媒体であって、該プログラムが、請求項 28、29、30、31 又は 32 のプログラムであることを特徴とするものである。

【0013】

請求項 1 乃至 33 の発明において、駆動支持回転体によって無端状のベルトが駆動されるとき、ベルトの内周面側は駆動支持回転体の外周面と同じ速度で移動しようとし、ベルトの外周面側にいくほどより速い速度で移動しようとする。ベルト全体としてはベルト厚さ方向の中央部の移動速度で駆動されることになる。ここで、ベルトの周方向に厚さ変動があると、ベルトの内周面とベルト厚さ方向の中央部との距離（以下、移動速度の基準となる「実効ベルト厚さ」という）も変動する。そのため、駆動支持回転体の回転角速度が一定であっても、駆動支持回転体で駆動されるベルトの移動速度は駆動支持回転体に接しているベルト部分の厚さによって変動してしまう。例えば、駆動支持回転体に接しているベルト部分が厚いとベルトの移動速度が速くなり、そのベルト部分が薄いとベルトの移動

速度が遅くなる。ベルトの駆動制御という観点からみると、駆動支持回転体に厚いベルト部分が接しているときは駆動支持回転体の回転角速度を低め、逆に駆動支持回転体に薄いベルト部分が接しているときは駆動支持回転体の回転角速度を高めるように制御すれば、ベルトの移動速度を一定にすることができる。

一方、従動支持回転体がベルトの移動に伴って従動するように回転するとき、ベルトの内周面と同じ速度で外周面が移動するように従動支持回転体が回転する。このベルトの内周面すなわち従動支持回転体の外周面は、ベルト全体としての移動速度（ベルト厚さ方向の中央部の移動速度）よりも遅く移動する。そのため、ベルト全体としての移動速度が一定であったとしても、従動支持回転体の回転角速度は、その従動支持回転体に接しているベルト部分の厚さによって変動する。例えば、従動支持回転体に厚いベルト部分が接しているときは、従動支持回転体の回転が遅くなり、逆に従動支持回転体に薄いベルト部分が接しているときは、従動支持回転体の回転が速くなる。このようにベルトの厚さに応じて従動支持回転体の回転が変動する。

そこで、本ベルト駆動制御方法では、従動支持回転体の回転角変位及び回転角速度を検知し、この検知されたデータから、ベルトの周方向の周期的な厚さ変動に対応した周波数を有する、従動支持回転体の回転角速度の交流成分を抽出している。この抽出した交流成分の振幅及び位相は、ベルトの周方向の周期的な厚さ変動の振幅及び位相に対応している。従って、この交流成分の振幅及び位相に基づいて、駆動支持回転体に厚いベルト部分が接するタイミングには駆動支持回転体の回転角速度を低め、逆に駆動支持回転体に薄いベルト部分が接しているときは駆動支持回転体の回転角速度を高めるように制御する。この制御により、ベルトの周方向に厚さ変動の影響を受けずにベルトを一定の移動速度で駆動できる。

【0014】

なお、前出の特開平11-174932号公報には、従動支持回転体（従動プーリ）の回転角速度の検出結果に基づいて駆動支持回転体（駆動プーリ）の回転を制御する方法が記載されている。しかしながら、同公報の方法は、従動支持回転体の回転角速度の位相まで考慮して駆動支持回転体の回転を制御するものではない。さらに、同公報の方法は、互いにベルト半周期の位置に設置されている直

径が等しい駆動支持回転体と従動支持回転体とを回転角速度が一致するように制御するものであり、ベルトの周方向の厚さ変動の影響を受けずにベルトを一定の移動速度で駆動するのは難しいと考えられる。

【0015】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

まず、ベルトの厚さとベルトの移動速度との関係について説明する。

図1はベルトのフィードバック制御の概略構成図である。図1において、ベルト500は駆動ローラ（駆動支持回転体）501と従動ローラ（従動支持回転体）502とに掛け渡されており、ベルト500の厚さ変動は1次成分（ベルト1回転で1周期）しかないとする。そして、ベルト駆動制御装置700を用いてフィードバック制御が実行される。このフィードバック制御では、例えばよく知られているPLL（Phase Locked Loop）制御方式の基準周波数 f_{ref} とエンコーダ601出力の検出周波数 f との関係が $f - f_{ref} = 0$ となるようにモータ602の回転が制御される。このフィードバック制御においては、従動ローラ502（従動支持回転体）は一定回転 ω_0 で回転している。この条件下でベルト500の厚さの影響を考察するモデルを、以下のように仮定する。

【0016】

図2（a）及び（b）はベルトの厚さとベルトの移動速度との関係について示す説明図である。駆動ローラ501が基準の一定回転角速度で回転しているとき、図2（a）のようにベルト500が厚い部分で巻きついているときはベルト速度が速くなる。逆に、図2（b）のようにベルト500が薄い部分で巻き付いているときはベルト速度が遅くなる。ベルト500の厚さが周方向に沿って正弦的に変化していると仮定したとき、ベルト500が駆動ローラ501に巻き付いている巻き付け角の中心部（図中のP）でベルト速度とローラの回転速度が決定されると仮定しても実用的に十分議論できる。そこで、従動ローラ502の半径と駆動ローラ501の半径を R とすると、ベルト500がローラに巻き付いたときベルト移動速度に関連するベルト500の厚さ方向中央部に位置している実効的なベルト厚さ（以下「実効ベルト厚さ」という）の従動ローラ502側での値 Δ

R_e は、次式で表される。ただし、 ΔR_o は実効ベルト厚さの平均値、 r は厚さ変動の振幅値、 ω_b はベルト厚さ回転角速度であり、厚さ変動の位相角 α をゼロとする。

【数 1】

$$\Delta R_e = \Delta R_o + r \cdot \sin(\omega_b t + \alpha)$$

【0017】

駆動モータ 602 での実効ベルト厚さ ΔR_m はベルト厚さ変動位相が π ずれているので、次式のように表すことができる。

【数 2】

$$\Delta R_m = \Delta R_o + r \cdot \sin(\omega_b t - \pi) = \Delta R_o - r \cdot \sin \omega_b t$$

【0018】

従って、ベルト速度 v は次式のようになる。ただし、 ω_o はエンコーダ側の従動ローラ 502 の回転角速度である。

【数 3】

$$v = (R + \Delta R_o + r \cdot \sin \omega_b t) \omega_o \quad \text{--- (a)}$$

【0019】

従って、駆動モータ 602 の回転角速度 ω_m は、 $(R + \Delta R_o - r \cdot \sin \omega_b t) \omega_m = v = (R + \Delta R_o + r \cdot \sin \omega_b t) \omega_o$ の関係により、次式で表される。

【数 4】

$$\begin{aligned} \omega_m &= (R + \Delta R_o + r \cdot \sin \omega_b t) \omega_o / (R + \Delta R_o - r \cdot \sin \omega_b t) \\ &= [1 + \{2r / (R + \Delta R_o)\} \cdot \sin \omega_b t] \omega_o \end{aligned}$$

【0020】

逆に駆動モータ 602 を一定の回転角速度 ω_o で回転させたときのエンコーダ側の従動ローラ 502 の回転角速度 ω_e も、同様に次式で表される。

【数 5】

$$\omega_e = [1 + \{2r / (R + \Delta R_o)\} \cdot \sin \omega_b t] \omega_o$$

【0021】

従って、このような制御ではベルト速度は変動している。ただし、駆動ローラ

501側と別の位置にある従動ローラ502にエンコーダを付けてフィードバックしているので、エンコーダ側の従動ローラ502とベルト500との間にすべりがなければ、駆動ローラ501がすべってもこの影響は取り除かれている。

【0022】

各ローラに対するベルト500の巻き付き角とベルト速度の関係は、巻き付き角が少なくなるとローラの回転角速度はベルト厚さに影響されにくくなる。例えば図3(a)のようにベルト500が従動ローラ502に点で接していれば、ベルト厚さに全く影響されずに従動ローラ502の回転角速度が決まる。ただし、この場合は従動ローラ502がすべり易くなり、従動ローラ軸にエンコーダ601を付けた場合、従動ローラの回転角速度の検出が不正確になる。一方、図3(b)のようにベルト500が従動ローラ502に巻き付いていると、従動ローラ502に接している部分のベルト厚さに応じて従動ローラ502の回転角速度が変動する。

【0023】

次に、本ベルト駆動制御方法の基本的な原理について説明する。

図4は、本ベルト駆動制御方法の基本的な原理を説明するための説明図である。本ベルト駆動制御方法は、図4のように駆動源としてのモータによって駆動される駆動ローラ501と回転角を検出するエンコーダ側の従動ローラ502の両ローラの回転角速度を変動させて制御する。つまり、ベルト速度 v が一定になっているとき、ベルト500の最も厚い部分が巻き付いているローラ側の回転角速度が遅くなる状態になるように制御する。

【0024】

図4において一点鎖線はベルト厚さ周期変動（第1次成分）を考慮したとき、実効的なベルト速度を支配するベルト内の厚さ（実効ベルト厚さ）の位置を示している。図4の状態においてベルト500が一定速度 V で移動しているとする、左側の従動ローラ502の回転角速度 ω_L は、次式で表される。ただし、 Δr_{max} は実効的なベルト速度を支配するベルト500内の厚さ位置のローラ接触位置からの最大距離、すなわち実効ベルト厚さの最大値である。

【数6】

$$\omega_L = V / (R + \Delta r_{max})$$

【0025】

一方、右側の駆動ローラ 501 の回転角速度 ω_R は、次式で表される。ただし、 Δr_{min} は実効的なベルト速度を支配するベルト 500 内の厚さ位置のローラ接触位置からの最小距離、すなわち実効ベルト厚さの最小値である。

【数 7】

$$\omega_R = V / (R + \Delta r_{min})$$

【0026】

また、各ローラの平均回転角速度 ω_o は、次式で表される。

【数 8】

$$\omega_o = V / \{ R + (\Delta r_{max} + \Delta r_{min}) / 2 \}$$

【0027】

図 4 において、左側の従動ローラ 502 のローラ軸に回転角エンコーダを取り付け、右側の駆動ローラ 501 のローラ軸にモータ及び歯車を含む駆動系を取り付け、フィードバック制御すると、速度 V でベルトが移動する。ここで、図 4 に示す位置にベルト 500 が位置していると、左の従動ローラ 502 の回転角エンコーダによって検出される速度は $\omega_L = V / (R + \Delta r_{max})$ となり、平均回転速度（目標回転速度）より遅くなる。このときフィードバック制御系としては、モータを駆動して右側の駆動ローラ 501 を速く回すように駆動する。その速度が $\omega_R = V / (R + \Delta r_{min})$ となる速度にチューニングできれば、ベルト速度 V はベルト厚さの周期変動があっても一定の速度 V に制御できることになる。

【0028】

次に、本ベルト駆動制御方法の一般化モデルについて説明する。

図 5 は、本ベルト駆動制御方法の一般化モデルを説明するための説明図である。図 5 において、ベルト 500 は周方向に厚さ周期変動（高次の周期変動を含む）を持ち、3 つのローラ 501 ～ 503 に掛け渡されて一定速度 V で移動している。また、左側の従動ローラ 502 のベルト厚さ変動による回転変動と右側の駆動ローラ 501 の回転変動との間の位相ずれが、上記図 4 のようにベルト厚さ変

動の半周期 (π) となっていない。従って、この変動位相ずれ ϕ を考慮して右側の駆動ローラ 501 の回転角速度が変動するように、ベルト駆動制御装置 700 でフィードバック制御する必要がある。そして、ベルト速度 V が一定となるよう最適なフィードバック量 (たとえばゲイン) を設定する必要がある。

【0029】

本ベルト駆動制御方法におけるベルト厚さ変動成分補正の原理は次のとおりである。ここでは、ベルト厚さ変動が正弦的に変化している周波数成分の合成とし、ベルト 500 がローラに巻き付いている巻き付け角の中心部でベルト速度とローラの回転速度が決定されたとする。そして、ベルト巻き付け角、ベルト材質、ベルトテンション等でベルト厚さによるベルト速度への影響が変わる。つまり、ベルト巻き付け角が変わる機構レイアウトで機器を実現する場合は、駆動ローラ側とエンコーダを取り付ける従動ローラのベルト厚さによるベルト速度変動へ与える影響は異なるとして扱わなければならない。従って、以下の処理が必要となる。

【0030】

本モデルで使用する各パラメータの記号を次のように定義する。

τ : ベルト厚さを考慮した実行エンコーダ検出位置と実行駆動位置間のベルト厚さ変動周期時間差

T : ベルト一回転周期

T_N : ベルト厚さ N 次変動周期 T/N (N : 自然数)

以下のベルト厚さは実行的な移動速度にかかわる中間転写ベルト厚さ位置で表現

B_{tN} : ベルト厚さ N 次変動成分最大振幅

B_{to} : ベルト平均厚さ

B_t : ベルト厚さ

$B_t = B_{to} + B_{tN} \cdot \sin(\omega_N t + \alpha_N)$

$\omega_N = 2\pi / T_N$

α_N : $t = 0$ のときの実行エンコーダ検出位置での N 次ベルト変動位相角

V : ベルト速度

R_E : 軸にエンコーダが取り付けられている従動ローラ (エンコーダ側ローラ) の半径

R_D : 軸に駆動系が取り付けられている駆動ローラ (駆動系側ローラ) の半径

ω_E : ベルト速度 V で移動しているときの従動ローラの回転角速度

ω_D : ベルト速度 V で移動しているときの駆動ローラの回転角速度

【0031】

また、ベルト 500 のローラ巻付け角の違いとベルト材料等によってベルト厚さ変動がベルト速度に影響する係数として、駆動側影響係数: β 及びエンコーダ側影響係数: κ を定義する。ここで、ベルト 500 の従動ローラ 502 に接触している接触部分の移動速度の基準となる実効ベルト厚さは、 κB_{t0} で表すことができる。また、ベルト 500 の駆動ローラ 501 に接触している接触部分の移動速度の基準となる実効ベルト厚さは、 βB_{t0} で表すことができる。

【0032】

上記各パラメータを用いて、従動ローラ 502 の回転角速度 ω_E 及び駆動ローラ 501 の回転角速度 ω_D を表現すると、次式のようになる。

【数9】

$$\begin{aligned}\omega_E &= V / (R_E + \kappa B_t) \\ &= V / \{ (R_E + \kappa B_{t0} + \kappa B_{tN} \cdot \sin(\omega_N t + \alpha_N)) \} \\ &= \{ V / (R_E + \kappa B_{t0}) \} \cdot \{ (1 - \{ \kappa B_{tN} / (R_E + \kappa B_{t0}) \}) \cdot \sin(\omega_N t + \alpha_N) \} \\ &= \{ V / (R_E + \kappa B_{t0}) \} - \{ V \cdot \kappa / (R_E + \kappa B_{t0})^2 \} B_{tN} \cdot \sin(\omega_N t + \alpha_N) \\ &\quad \text{--- (1)}\end{aligned}$$

【数10】

$$\begin{aligned}\omega_D &= V / [R_D + \beta B_{t0} + \beta B_{tN} \cdot \sin\{\omega_N(t - \tau) + \alpha_N\}] \\ &= \{ V / (R_D + \beta B_{t0}) \} - \{ V \cdot \beta / (R_D + \beta B_{t0})^2 \} B_{tN} \cdot \sin\{\omega_N(t - \tau) + \alpha_N\} \\ &\quad \text{--- (2)}\end{aligned}$$

【0033】

従って、上記 (1) 式と (2) 式が同時に成立するように従動ローラ 502 を駆動すればベルト速度 V が一定となる。(1) 式及び (2) 式の第 2 項が厚さ変動に依存する項である。

なお、上記(1)式及び(2)式はN次のみの表現になっているが、一般化すると以下のように表現できる。

【数11】

$$\omega_E = \{V / (R_E + \kappa B_{t0})\} - \{V \cdot \kappa / (R_E + \kappa B_{t0})^2\} \Sigma B_{tN} \cdot \sin(\omega_N t + \alpha_N) \quad \text{--- (3)}$$

【数12】

$$\omega_D = \{V / (R_D + \beta B_{t0})\} - \{V \cdot \beta / (R_D + \beta B_{t0})^2\} \Sigma B_{tN} \cdot \sin\{\omega_N (t - \tau) + \alpha_N\} \quad \text{--- (4)}$$

【0034】

次に、上記原理に基づいたフィードバック制御のより具体的な制御例について説明する。

(制御例1)

本制御例1は以下に原理に基づいたフィードバック制御である。このフィードバック制御で用いるフィードバック信号の直流成分及び交流成分のゲインGdc及びG_Nは、次式で表すことができる。

【数13】

$$G_{dc} = \{V / (R_D + \beta B_{t0})\} / \{V / (R_E + \kappa B_{t0})\} \\ = (R_E + \kappa B_{t0}) / (R_D + \beta B_{t0}) \quad \text{--- (5)}$$

【数14】

$$G_N = \{V \cdot \beta / (R_D + \beta B_{t0})^2\} / \{V \cdot \kappa / (R_E + \kappa B_{t0})^2\} \\ = (\beta / \kappa) (R_E + \kappa B_{t0})^2 / (R_D + \beta B_{t0})^2 \quad \text{--- (6)}$$

【0035】

ベルト厚さ周期変動が複数の変動周波数成分を有している場合は、上記(6)に基づいて各変動周波数成分毎に変動を補正する。どこまでの変動周波数成分を取ればよいかは目標精度によって決定すればよい。

【0036】

ベルト速度Vを一定に制御するフィードバック制御で上記フィードバック信号と比較する基準信号refは、上記各パラメータを考慮し、次式を用いて生成す

る。

【数 15】

$$\begin{aligned} r e f &= \omega_D \\ &= \{V / (R_D + \beta B_{t0})\} - \{V \cdot \beta / (R_D + \beta B_{t0})^2\} \Sigma B_{tN} \\ &\cdot \sin \{\omega_N (t - \tau) + \alpha_N\} \end{aligned}$$

【0037】

また、従動ローラ 502 の回転角速度のベルト変動の交流成分である第 N 次周波数成分を、上記各パラメータを考慮して処理することにより、フィードバック信号 ω_{pDN} を生成する。具体的には、エンコーダで検出される従動ローラ 502 の回転角速度のベルト変動の第 N 次周波数成分の振幅を、 $G_N = (\beta / \kappa) (R_E + B_{t0})^2 / (R_D + B_{t0})^2$ 倍するとともに、その位相を $T_\tau = T - \tau$ だけ遅延させてフィードバック信号 ω_{pDN} を生成する。このフィードバック信号の第 N 次周波数成分 ω_{pDN} と、上記基準信号 $r e f$ のベルト第 N 次周波数変動成分 (第 2 項) $r e f_N$ とを比較する。

駆動ローラ 501 側に移動するベルト 500 では、上記従動ローラ 502 のエンコーダで検出されるベルト厚さ変動よりも τ 時間だけ位相が遅れた厚さ変動がある。これをエンコーダの出力によって制御するためには、エンコーダ出力の τ 時間前の信号を使う必要がある。つまり $T - \tau = T_\tau$ 時間遅れた信号を使う必要がある。あるいは上記 (3) 式で表される従動ローラ 502 の回転角速度を基準信号 $r e f$ として入力し、比較するという方法もある。ただし、変動成分については、従動ローラ側のベルト厚さ変動成分の駆動ローラ側までの時間遅れを考慮して駆動する必要がある。

以下の説明では、上記 (4) 式で表される駆動ローラ 501 の回転角速度を基準信号 $r e f$ として入力した実施例について述べる。

【0038】

従動ローラ 502 の回転角速度検出 (エンコーダ出力) の直流成分は、 $G_{dc} = (R_E + \kappa B_{t0}) / (R_D + \beta B_{t0})$ 倍し、フィードバック信号の直流成分 ω_{pDdc} を生成する。このフィードバック信号の直流成分 ω_{pDdc} と上記基準信号 $r e f$ の直流成分 $r e f_{dc}$ とを比較する。この両信号の差分出力を ϵ_{dc} と

する。ベルト 500 の平均厚さ B_{t0} は機器ごとにばらつきがあり基準ベルト速度 V が異なる場合は、基準信号の直流成分 ω_{pDdc} を変化させる。このとき変化させた分からベルト 500 の平均厚さ B_{t0} を補正し、この値を以後の厚さ変動成分の制御に使う。基準ベルト速度 V は、例えば工場の工程内の検査調整用測定装置で測定し調整すればよい。

【0039】

ベルト厚さ変動の各周波数成分における制御は、 B_{tN} と α_N を変化させる基準信号 ref_N と、エンコーダで検出される従動ローラ 502 の回転角速度のベルト変動の第 N 次周波数成分 G_N 倍し $T-\tau$ だけ遅延したフィードバック信号 ω_{pDN} とを比較した出力 ϵ_N が最小値になる B_{tN} と α_N を選ぶ。

この状態で制御されているとき、ベルト速度変動が最小となる。

【0040】

上記基準信号 ref_N 決定過程は、ベルト厚さ変動補正に用いる基準信号を決定するのであるから、ベルト駆動系の負荷変動あるいは負荷がかからないようにして安定に設定できるようにする。たとえば、画像形成装置の場合、感光体ドラムと紙搬送ベルトとの接触部で紙転写部を離す。中間転写ベルト方式の画像形成装置の場合は、転写紙に転写する 2 次転写部に転写紙を通過させないで転写ローラを離し、さらには中間転写ベルトに接触しているクリーナは離す等の機構を付してベルト機構に対する負荷と負荷変動を軽減する。

【0041】

図 6 は、本制御例に用いるベルト駆動制御装置 700 における制御手段のブロック図である。図 6 において、直流成分は時間遅れを考慮する必要がないので、エンコーダ出力の速度信号 ω_{pEdc} と直接比較することができる基準信号 ref_{Edc} を用いている。バンドパスフィルタ $F_{\omega_{pEN}}$ は、ベルト厚さ変動を抑圧したい周波数成分に応じた個数のフィルタが並列して設けられる。バンドパスフィルタ F_{bp} は、ベルト厚さ変動以外の高域の変動（例えばローラの偏芯によって発生する変動）を抑制するために、その変動成分を通過させるためのフィルタである。図 6 においてサーボアンプ以外は、デジタル信号処理をして実現してもよい。

更に、図6において低域フィルタの代わりにバンドパスフィルタ $F_{\omega p E N}$ の相補的な特性（逆特性）をもつ帯域遮断フィルタを用いることにより、バンドパスフィルタ $F_{b p}$ を不要とする構成にしてもよい。

【0042】

また、図6の構成に図7の構成をさらに付加してもよい。図7の構成では、ベルト厚さ変動周波数成分をもつ正弦波基準入力 $r e f_N$ と、エンコーダより検出される従動ローラの回転角速度の検出信号を遅延しゲインを乗した交流成分（変動成分） $\omega p D N$ との位相差 $P D$ を検出している。この位相差 $P D$ が最小になるように基準信号 $r e f_N$ の位相をシフトさせる。そして、基準信号 $r e f_N$ と上記交流成分 $\omega p D N$ との差分出力 $A d d$ を平滑化した $D C$ が最小になるように、基準信号 $r e f_N$ の振幅を変えるようにすれば、ベルト厚さ変動によるベルト速度変動が少ない基準信号を設定できる。この基準信号の振幅の補正量は、差分出力 $A d d$ を見て決めていける。

また、基準信号 $r e f_N$ と上記交流成分 $\omega p D N$ との位相差と振幅差を計測し、その結果ですぐに基準信号を補正するという方法を採用してもよい。この方法では上記交流成分 $\omega p D N$ を $A D$ （アナログからデジタルへ）変換し、図示しないコントローラがこの値を検出し、その結果をもって基準入力 $r e f_N$ を生成すればよい。

【0043】

上記フィードバック信号のゲイン G_{dc} 、 G_N はベルト駆動系の構成（ベルトが複数のローラに巻き付けられている配置）によって決定される固定定数である。例えば、エンコーダ側の従動ローラ 502 の半径を駆動ローラ 501 の径を等しくすると、ゲイン G_N はベルト巻付けの条件が等しくなる（ $\alpha = \beta$ ）ので、次式のようになる。

【数16】

$$G_N = 1 \quad \text{--- (5)}$$

【0044】

一般的にローラの半径はベルトの厚さ B_{t0} よりかなり大きい。即ち、次式が成り立つ。

【数 17】

$$B_{to} \ll R_E, B_{to} \ll R_D$$

【0045】

従って、上記ゲイン G_N は近似的に次式のようにして扱ってもよい。

【数 18】

$$G_N = (\beta / \kappa) (R_E / R_D)^2 \quad \text{--- (6)}$$

【0046】

ベルト駆動系の構成（ベルトが複数のローラに巻き付けられている配置）によって、厚さ変動周波数成分で特異な変動周波数成分がある。これについての扱い方を以下に述べる。

以下の条件に合うようにベルト駆動系をレイアウトすれば、この条件に合うベルト厚さ変動周波数成分を補正する制御系の回路構成が簡易になる。

①エンコーダ側の従動ローラから駆動ローラに至るベルト移動距離がベルト厚さ変動の半周期分の偶数倍（全波）の場合：

この場合は、 $\omega_N \tau = 2\pi N_\omega$ （ただし、 N_ω ：自然数）となる。従って、上記（1）式及び（2）式は次のようになる。

【数 19】

$$\begin{aligned} \omega_E = \{V / (R_E + \kappa B_{to})\} - \{V \cdot \kappa / (R_E + \kappa B_{to})^2\} B_{tN} \cdot \sin(\omega_N t + \alpha_N) \\ \text{--- (1)} \end{aligned}$$

【数 20】

$$\begin{aligned} \omega_D = \{V / (R_D + \beta B_{to})\} - \{V \cdot \beta / (R_D + \beta B_{to})^2\} B_{tN} \cdot \sin\{\omega_N(t - \tau) + \alpha_N\} \\ = \{V / (R_D + \beta B_{to})\} - \{V \cdot \beta / (R_D + \beta B_{to})^2\} B_{tN} \cdot \sin(\omega_N t + \alpha_N) \\ \text{--- (2')} \end{aligned}$$

【0047】

従って、この条件に合う上記交流成分 ω_{pDN} は、図 6 においてベルト厚さ変動補正のためには T_τ 遅延回路なしで、エンコーダで検出された検出データから

抽出したベルト厚さ変動周波数の交流成分にゲイン G_N を掛けることにより、生成することができる。

【0048】

②エンコーダ側の従動ローラから駆動ローラに至るベルト移動距離がベルト厚さ変動の半周期分の奇数倍（半波）の場合：

この場合は、 $\omega_N \tau = \pi (2N_\omega + 1)$ （ただし、 N_ω ：自然数）とすると、上記（1）式及び（2）式は次のようになる。

【数21】

$$\begin{aligned} \omega_E = \{V / (R_E + \kappa B_{t0})\} - \{V \cdot \kappa / (R_E + \kappa B_{t0})^2\} B_{tN} \\ \cdot \sin(\omega_N t + \alpha_N) \\ \text{--- (1)} \end{aligned}$$

【数22】

$$\begin{aligned} \omega_D = \{V / (R_D + \beta B_{t0})\} - \{V \cdot \beta / (R_D + \beta B_{t0})^2\} B_{tN} \\ \cdot \sin\{\omega_N (t - \tau) + \alpha_N\} \\ = \{V / (R_D + \beta B_{t0})\} + \{V \cdot \beta / (R_D + \beta B_{t0})^2\} B_{tN} \cdot \\ \sin(\omega_N t + \alpha_N) \\ \text{--- (2'')} \end{aligned}$$

【0049】

従って、この条件に合う上記交流成分 ω_{pDN} は、図6においてベルト厚さ変動補正のためには T_τ 遅延回路なしで、エンコーダで検出された検出データから抽出したベルト厚さ変動周波数の交流成分を反転してゲイン G_N を掛けることにより、生成することができる。

【0050】

特殊な配置構成としてエンコーダ側の従動ローラ502と駆動ローラ501とを図1のような配置にすれば、遅延時間を考慮しないでベルト厚さ変動成分の奇数成分（ベルト一回転周期成分を含む）を抑圧する制御ができる。従って、従動ローラ502と駆動ローラ501の配置をベルト厚さ変動成分を考慮すれば、遅延回路を不要にすることができる。例えば、上記交流成分（ベルト厚さ変動成分）がベルト一回転周期成分しか含まない場合は、図1の構成で遅延回路は不要に

なる。そして、奇数成分は反転し、偶数はそのままフィードバックすればよいことになる。

ここまでの説明から明らかなように、本ベルト駆動制御方法では、駆動ローラとは別の位置にある従動ローラで検出される回転角速度又は回転角変位を制御に用いている。従って、駆動側で駆動ローラ 501 とベルト 500 との間にすべりがあっても従動ローラ側にすべりがなければ、駆動ローラ側でのすべりに影響されずに厚さ変動補正を行うことができる。

【0051】

(制御例 2)

次に、学習法を用いた他の制御例について説明する。この制御例は、一周あるいは複数回ベルトを回転させ、それによりベルト厚さの振幅と位相を検知して、それによって厚さ変動補正を行なうものである。駆動源として使用するモータはパルスモータでもサーボモータでもかまわないが、本制御例ではパルスモータを用いた場合について説明する。なお、サーボモータを採用する場合は、学習時の制御に駆動側を等速に制御する系が必要である。そして、学習後の駆動時にはここで生成するクロックを基準に PLL (Phase Locked Loop) 制御をするように構成すればよい。また、本制御例の構成に加えて、駆動ローラ側のすべりに影響されないでベルト厚さ変動補正できる構成については後で説明する。

【0052】

まず、ベルト厚さ変動補正について述べる。本制御例では、ベルト一周に一回パルスを発生するホームセンサを設置する。つまり、ベルトに基準マークを付し、これをベルト周囲の固定部のある箇所に固定配置したマークセンサで検知する。

ベルト厚さ変動周波数成分の駆動ローラ側の回転角周波数 ω_{DN} 、エンコーダ側を ω_{EN} とすると、次式に基づいて制御するのがフィードバック方式である。

【数 23】

$$\omega_{DN} = G_N \cdot \omega_{EN} \{ t - (T - \tau) \} \quad \text{--- (17)}$$

【0053】

ここで、 ω_{EN} はベルト速度が一定速度 V のときのエンコーダ出力である。こ

のエンコーダ出力 ω_{EN} の変動振幅 A_E は、(1) 式より、次式で表される。

【数 2 4】

$$A_E = \{V \cdot \kappa / (R_E + \kappa B_{t0})^2\} B_{tN} \quad \text{--- (18)}$$

【0054】

また、 ω_{DN} の変動振幅 A_D は、上記 (2) 式より、次式で表される。

$$A_D = \{V \cdot \beta / (R_D + \beta B_{t0})^2\} B_{tN} \quad \text{--- (19)}$$

【0055】

以下に学習方式について述べる。パルスモータを一定の回転角速度に制御した (フィードバックをかけない) ときの駆動ローラ角速度を ω_{D0} とする。駆動側ローラ上の中間転写ベルト厚さ変動に応じて中間転写ベルト速度変動 V_v は、次式で表される。

【数 2 5】

$$V_v = \omega_{D0} \cdot [R_D + \beta B_{t0} + \beta B_{tN} \cdot \sin \{\omega_N (t - \tau) + \alpha_N\}]$$

【数 2 6】

$$\begin{aligned} \omega_E &= V_v / (R_E + \kappa B_t) \\ &= V_v / \{ (R_E + \kappa B_{t0} + \kappa B_{tN} \cdot \sin (\omega_N t + \alpha_N)) \} \\ &= \omega_{D0} \cdot [R_D + \beta B_{t0} + \beta B_{tN} \cdot \sin \{\omega_N (t - \tau) + \alpha_N\}] / \\ &\quad \{ (R_E + \kappa B_{t0} + \kappa B_{tN} \cdot \sin (\omega_N t + \alpha_N)) \} \end{aligned}$$

【数 2 7】

$$\begin{aligned} \omega_E &\doteq \omega_{D0} \cdot \{ (R_D + \beta B_{t0}) / (R_E + \kappa B_{t0}) \} [1 + \{ \beta B_{tN} / (R_D + \beta B_{t0}) \} \cdot \sin \{\omega_N (t - \tau) + \alpha_N\}] [1 - \{ \kappa B_{tN} / (R_E + \kappa B_{t0}) \} \cdot \sin (\omega_N t + \alpha_N)] \\ &\doteq \omega_{D0} \cdot \{ (R_D + \beta B_{t0}) / (R_E + \kappa B_{t0}) \} [1 + \{ \beta B_{tN} / (R_D + \beta B_{t0}) \} \cdot \sin \{\omega_N (t - \tau) + \alpha_N\} - \{ \kappa B_{tN} / (R_E + \kappa B_{t0}) \} \cdot \sin (\omega_N t + \alpha_N)] \quad \text{--- (20)} \end{aligned}$$

【0056】

簡単のためまずエンコーダ側の従動ローラの半径と駆動ローラの半径が等しく、 $\omega_N \tau = \pi$ とする。このときは $\kappa = \beta$ である。この場合、上記 ω_E の式の ω_E は、次式のようになる。

【数 28】

$$\omega_{E\pi} = \omega_{D0} \cdot \{1 - 2 \{ \beta / (R_E + \beta B_{t0}) \} B_{tN} \cdot \sin(\omega_N t + \alpha_N) \}$$

【0057】

そして、 ω_D は次式のようになる。

【数 29】

$$\omega_D = \{V / (R_D + \beta B_{t0})\} + \{V \cdot \beta / (R_D + \beta B_{t0})^2\} B_{tN} \cdot \sin\{\omega_N t + \alpha_N\}$$

ベルト厚さ変動計測時の回転角速度 ω_{D0} の設定は目標ベルト速度 V にベルト厚さ変動がないとしたときの回転角速度に設定するため、 $\omega_{D0} = V \cdot / (R_D + \beta B_{t0})$ となるので、 ω_D は次のように表すことができる。

【数 30】

$$\omega_D = \omega_{D0} + \omega_{D0} \{ \beta / (R_D + \beta B_{t0}) \} B_{tN} \cdot \sin\{\omega_N t + \alpha_N\}$$

【0058】

従って、上記(18)(19)式より、ベルト目標速度を V とすると $\omega_{E\pi}$ の周波数成分 ω_N の振幅 A_m は次のようになる。

【数 31】

$$A_m = 2 \omega_{D0} \{ \beta / (R_E + \beta B_{t0}) \} B_{tN} = 2 A_E = 2 A_D \quad \text{--- (21)}$$

【0059】

エンコーダ側の従動ローラ502の半径と駆動ローラ501の半径が等しく、 $\omega_N \tau = \pi$ が成り立つ図4のような構成のときは、駆動ローラ501を一定回転角速度 ω_{D0} で駆動したとき検出されるエンコーダ出力のベルト厚さ変動周波数成分の振幅を $1/2$ にし、位相を π ずらして駆動ローラ501の回転角速度を変動するよう駆動すればよい。

【0060】

エンコーダ側の従動ローラ502の半径と駆動ローラ501の半径とが異なり、 $\omega_N \tau \neq \pi$ が成り立つような構成のときは、駆動ローラ501を一定回転角速

度 ω_{D0} で駆動したときに検出されるエンコーダ出力のベルト厚さ変動周波数成分の振幅と位相は、(20) 式より求められる。

【数 3 2】

$$\omega_E \doteq \omega_{D0} \cdot \left\{ (R_D + \beta B_{t0}) / (R_E + \kappa B_{t0}) \right\} \left[1 + \left\{ \beta B_{tN} / (R_D + \beta B_{t0}) \right\} \cdot \sin \{ \omega_N (t - \tau) + \alpha_N \} - \left\{ \kappa B_{tN} / (R_E + \kappa B_{t0}) \right\} \cdot \sin (\omega_N t + \alpha_N) \right] \quad \text{--- (20)}$$

【数 3 3】

$$\begin{aligned} A &= \omega_{D0} \cdot \left\{ (R_D + \beta B_{t0}) / (R_E + \kappa B_{t0}) \right\} \left\{ \beta B_{tN} / (R_D + \beta B_{t0}) \right\} \\ &= \omega_{D0} \beta B_{tN} / (R_E + \kappa B_{t0}) \end{aligned}$$

【数 3 4】

$$\begin{aligned} B &= \omega_{D0} \cdot \left\{ (R_D + \beta B_{t0}) / (R_E + \kappa B_{t0}) \right\} \left\{ \kappa B_{tN} / (R_E + \kappa B_{t0}) \right\} \\ &= \omega_{D0} \kappa B_{tN} \cdot (R_D + \beta B_{t0}) / (R_E + \kappa B_{t0})^2 \end{aligned}$$

【0061】

図 8 において、 $a = \omega_N t - \omega_N \tau + \alpha_N$ 、及び $b = \omega_N t + \alpha_N$ より、 C は次式で表される。

【数 3 5】

$$C^2 = A^2 + B^2 - 2AB \cdot \cos(a - b)$$

【数 3 6】

$$\begin{aligned} C^2 &= \left\{ \omega_{D0} \beta B_{tN} / (R_E + \kappa B_{t0}) \right\}^2 + \left\{ \omega_{D0} \kappa B_{tN} \cdot (R_D + \beta B_{t0}) / (R_E + \kappa B_{t0})^2 \right\}^2 \\ &\quad - 2 \left\{ \omega_{D0} \beta B_{tN} / (R_E + \kappa B_{t0}) \right\} \left\{ \omega_{D0} \kappa B_{tN} \cdot (R_D + \beta B_{t0}) / (R_E + \kappa B_{t0})^2 \right\} \cdot \cos(-\omega_N \tau) \end{aligned}$$

【数 3 7】

$$\begin{aligned} C &= \left\{ \omega_{D0} B_{tN} / (R_E + \kappa B_{t0}) \right\} \left[\beta^2 + \kappa^2 \cdot (R_D + \beta B_{t0})^2 / (R_E + \kappa B_{t0})^2 - 2 \left\{ \beta / (R_E + \kappa B_{t0}) \right\} \left\{ \kappa \cdot (R_D + \beta B_{t0}) \right\} \cdot \cos(-\omega_N \tau) \right]^{1/2} \quad \text{--- (22)} \end{aligned}$$

【数 3 8】

$$B/\sin c = C/\sin(a - b)$$

【数 3 9】

$$\begin{aligned} \sin c &= B \cdot \sin(a - b) / C \\ &= [\sin(-\omega_N \tau) \omega_{D0} \kappa B_{tN} \cdot (R_D + \beta B_{t0}) / (R_E + \kappa B_{t0})^2] \\ &\quad / [\{\omega_{D0} B_{tN} / (R_E + \kappa B_{t0})\} \cdot \{\beta^2 + \kappa^2 \cdot (R_D + \beta B_{t0})^2 / (R_E + \kappa B_{t0})^2 - 2\{\beta / (R_E + \kappa B_{t0})\} \{\kappa \cdot (R_D + \beta B_{t0})\} \cdot \cos(-\omega_N \tau)\}^{1/2}] \\ &= [\sin(-\omega_N \tau)] / [\{(\beta / \kappa)^2 (R_E + \kappa B_{t0})^2 / (R_D + \beta B_{t0})^2 + 1 - 2\{(\beta / \kappa) (R_E + \kappa B_{t0})^3\} \{(R_D + \beta B_{t0})^3\} \cdot \cos(-\omega_N \tau)\}^{1/2}] \end{aligned}$$

【数 4 0】

$$c = \arcsin \left\{ [\sin(-\omega_N \tau)] / [\{(\beta / \kappa)^2 (R_E + \kappa B_{t0})^2 / (R_D + \beta B_{t0})^2 + 1 - 2\{(\beta / \kappa) (R_E + \kappa B_{t0})^3\} \{(R_D + \beta B_{t0})^3\} \cdot \cos(-\omega_N \tau)\}^{1/2}] \right\}$$

【0062】

ここで、 $g = (R_D + \beta B_{t0}) / (R_E + \kappa B_{t0})$ とおくと、上記位相量 c は次のようになる。

$$c = \arcsin \left\{ [\sin(-\omega_N \tau)] / [\{\beta / (\kappa g)\}^2 + 1 - 2(\beta / \kappa) g^3 \cdot \cos(\omega_N \tau)]^{1/2} \right\} \quad \text{--- (23)}$$

【0063】

次の(24)式により、上記(20)式のベルト厚さ変動周波数成分の X が求まる。

【数 4 1】

$$\begin{aligned} X &= C \cdot \sin(a + c) \\ &= C \cdot \sin(\omega_N t - \omega_N \tau + c + \alpha_N) \\ &= C \cdot \sin[\omega_N \{t - (\tau - c / \omega_N)\} + \alpha_N] \quad \text{--- (24)} \end{aligned}$$

【0064】

上記(18)式より、狙いの回転角速度で移動しているときの駆動ローラ回転

角駆動振幅 A_D は、次のようになる。

【数 4 2】

$$A_D = \{V \cdot \beta / (R_D + \beta B_{t0})^2\} B_{tN}$$

【0065】

そして、 $\omega_{D0} = V \cdot / (R_D + \beta B_{t0})$ あるので、上記駆動ローラ回転角駆動振幅 A_D は次式のようにになる。

【数 4 3】

$$A_D = \{\omega_{D0} \cdot \beta / (R_D + \beta B_{t0})\} B_{tN}$$

【0066】

したがって、次式が成り立つ。

【数 4 4】

$$A_D / C = \eta \quad \text{--- (25)}$$

【数 4 5】

$$\eta = \{\omega_{D0} \cdot \beta / (R_D + \beta B_{t0})\} B_{tN} / [\{\omega_{D0} B_{tN} / (R_E + \kappa B_{t0})\} \cdot \{\beta^2 + \kappa^2 \cdot (R_D + \beta B_{t0})^2 / (R_E + \kappa B_{t0})^2 - 2 \{\beta / (R_E + \kappa B_{t0})\} \{\kappa \cdot (R_D + \beta B_{t0})\} \cdot \cos(-\omega_N \tau)\}^{1/2}]$$

$$= \{(R_E + \kappa B_{t0}) / (R_D + \beta B_{t0})\} / [\{1 + (\kappa / \beta)^2 \cdot (R_D + \beta B_{t0})^2 / (R_E + \kappa B_{t0})^2 - 2 \{(\kappa / \beta) \cdot (R_D + \beta B_{t0}) / (R_E + \kappa B_{t0})\} \cdot \cos(-\omega_N \tau)\}^{1/2}]$$

【0067】

ここで、 $g = (R_D + \beta B_{t0}) / (R_E + \kappa B_{t0})$ を代入すると、上記定数（振幅係数） η は次式のようにになる。この定数 η は機構のレイアウトによって一義的に決定される値で予めわかる値である。

【数 4 6】

$$\eta = 1 / [g \cdot \{1 + (\kappa / \beta)^2 \cdot g^2 - 2 (\kappa / \beta) g \cdot \cos(\omega_N \tau)\}^{1/2}]$$

--- (26)

【0068】

本制御例 2 では、ベルト 500 のホーム位置を検出するホーム位置検出器を用いている。駆動ローラ 501 を一定の回転角速度 ω_{D0} で回転させ、エンコーダ 601 より検出される角速度変動の一回転周期のデータを蓄積する。そして、その変動データを周波数分析 (FFT: 高速フーリエ変換) し、変動補正する周波数成分の振幅値 (ピーク値) C と、振幅値 C が検出されたホーム位置からの時間 T_{hm} を計測しておく。上記 (2) 式と上記 (24) 式とを比較すればわかるように、ホーム位置から $(T_{hm} + c / \omega_N)$ 時間に、上記検出した振幅値 (ピーク値) のデータ C を η 倍した振幅 ηC が得られるようなパルスモータの制御クロックを生成すればよい。

なお、エンコーダ 601 より検出される角速度変動を FFT で演算する代わりに、ベルト厚さ変動によるベルト速度変動の抑圧したい周波数成分を通過させるバンドパスフィルタによって角速度変動周波数成分を検出してもよい。

【0069】

次に、ベルト厚さ変動周波数に対応する交流成分の検出 (抽出) 法について説明する。

エンコーダで検出される従動ローラ 502 の回転角速度 ω_D は、一定時間 (単位時間) T_s のエンコーダより検出されるパルス数を計測することによって求めることができる。このパルス数は回転角速度 ω_D に比例するからである。

【0070】

上記一定時間 T_s ごとのパルス数を計測する方法としては、次の二つの方式①、②が考えられる。

①図 9 の I のように一定間隔 T_s 間のパルスをカウントする方式

②図 9 の II のように一定間隔 T_c 間のパルスをカウントし、一定時間 $T_{s'}$ ごとにその計測値を利用する方式

これらの方式のうち、②の方式の方がデータの変化がなめらかになる。 T_s あるいは $T_{s'}$ は、データのサンプリングのタイミングに相当する。

このようにして検出される速度信号からベルト厚さ変動周波数成分を通過させるバンドパスフィルタを用いることによって、ベルト厚さ変動周波数を有する交流成分を検知 (抽出) することができる。

【0071】

次に、本発明に係るベルト駆動制御装置の構成について説明する。

前述の図5のように回転に応じてパルス列を発生する回転角検出用エンコーダ601は、モータが接続されていない従動ローラ502のローラ軸に取り付けられている。パルスモータへ入力するクロック f の搬送周波数を変えると、駆動ローラ501の回転角速度が変るようにより制御できる。そして、クロック f をベルト回転周期で適切に振幅と位相が設定された正弦波で、クロック f を周波数変調することによって、1次のベルト厚さ変動によるベルト速度の影響を軽減できる。N次のベルト速度変動の補正は、N次の適切に振幅と位相が設定された正弦波でクロック f を周波数変調すればよい。

【0072】

ここで、(1) 直接パルスモータ駆動系用のパルス列を設定するフィードフォワード制御の場合は、ベルト厚さ変動補正ができる。そして、(2) エンコーダの出力と位相比較するためのパルス列を生成し、フィードバックするフィードバック制御の場合は、ベルト厚さ変動補正とともに、駆動ローラ501とベルト500との間のすべりをも補正できる。

【0073】

まず、前者の(1) フィードフォワード制御の場合について説明する。パルスモータを一定回転することにより駆動ローラ501を一定に回転角速度 ω_{D0} で回転させ、ベルト500の変動の抑圧したい周波数成分をバンドパスフィルタによって角速度変動周波数成分を検出して一回転周期のデータを蓄積する。ここでは第1次の変動周波数成分の処理法を述べる。そして、その変動データの振幅 C と正弦的波形のゼロクロス点のゼロ位相(立ち上がり部)が検出されたホーム位置からの時間 T_h を計測する。そして、ホーム位置から $(T_h + c/\omega_1)$ 時間にゼロクロス点に来る正弦的波形の振幅が前記データ C を η 倍した振幅 $-\eta C$ が得られるようなパルスモータの制御用クロックを生成すればよい。

駆動ローラ501の回転角速度 ω は、次式のようにになる。ただし、 $\omega_0 = V/(R_D + \beta B_{t0})$ であり、 $t=0$ はベルトホーム位置検出時である。駆動ローラ501を正弦的な変動 $\Delta\omega$ が発生するように制御する必要がある。

【数 4 7】

$$\omega = \omega_0 + \Delta \omega$$

$$\Delta \omega = -\eta C \cdot \sin [\omega_1 \{t - (Th + c/\omega_1)\}]$$

【0074】

次に、クロック f を発生するパルス発生回路について説明する。

駆動ローラ 501 の基準回転角速度を決めるクロック基準周波数 f_0 、駆動ローラ 501 の基準角速度から変化させたための増分周波数を Δf とすると、回転角速度 ω は次式のようにになる。ただし、式中の N は、駆動ローラ 1 回転するのに必要なクロック f のパルス数である。

【数 4 8】

$$\omega = 2\pi (f_0 + \Delta f) / N$$

【0075】

さらに、ベルト厚さ変動によるベルト速度変動を軽減するために駆動ローラを正弦的に周波数が変化するように変調すると、駆動ローラ 501 の回転角周波数 ω は次式のようにになる。

【数 4 9】

$$\omega = \omega_0 \{1 + A \cdot \sin(\omega_1 t + \phi)\}$$

$$A = -\eta C / \omega_0 \quad \text{--- (a)}$$

$$\phi = -\omega_1 (Th + c / \omega_1) = -\omega_1 Th - c \quad \text{--- (b)}$$

【0076】

従って、クロックの周波数 f は、 $f = (N / 2\pi) \omega$ より、次式で表される。

【数 5 0】

$$f = (N / 2\pi) \omega_0 \{1 + A \cdot \sin(\omega_1 t + \phi)\}$$

$$f = f_0 \{1 + A \cdot \sin(\omega_1 t + \phi)\} \quad (\text{ただし } f_0 = (N / 2\pi) \omega_0)$$

【0077】

そして、上記クロックのパルス幅 Pw は、次式のようにになる。

【数 5 1】

$$Pw = 1 / f = (1 / f_0) [1 / \{1 + A \cdot \sin(\omega_1 t + \phi)\}]$$

【数 5 2】

$$P_w = (1/f_o) \cdot [1 - A \cdot \sin(\omega_1 t + \phi)] \quad (\text{ただし、} 1 \gg A)$$

【0078】

クロック発生のためのパルス幅データは、時間 $0 \leq t \leq T$ (ただし、 $T = 2\pi/\omega_1$) の範囲で L パルス分のデータを作成する。

基準周波数のパルス幅 $P_{wo} = 1/f_o$ を P_w から差し引いた ΔP_w は、次式のようになる。

【数 5 3】

$$\begin{aligned} \Delta P_w &= -(A/f_o) \cdot \sin(\omega_1 t + \phi) \\ &= -(A \cdot P_{wo}) \cdot \sin(\omega_1 t + \phi) \end{aligned}$$

【0079】

また、上記パルス幅 P_w をカウントする時間間隔を δP とすると、 $P_{wo} = N_c \cdot \delta P$ (N_c は自然数) と表せるので、上記 ΔP_w は次式のようになる。

【数 5 4】

$$\Delta P_w = \{-N_c \cdot A \cdot \sin(\omega_1 t + \phi)\} \delta P$$

【0080】

上記 $\sin(\omega_1 t)$ の基本テーブルは次のように作成する。すなわち、次式の t_n を用い、 $\sin(\omega_1 t_n) = \sin\{2\pi(n/L)\}$ より、 n に対応した $\sin(\omega_1 t)$ 基本テーブルを作成する。

【数 5 5】

$$t_n = (T/L) \cdot n = \{2\pi/(L\omega_1)\} \cdot n \quad (\text{ただし、} n = 1, 2, \dots, L-1)$$

【0081】

上記位相 ϕ の変化は、テーブルの参照位置のスタート位置を変えることによって実現する。

上記振幅 A については乗算をする。

上記 f_o の N_c 通倍のパルスを得るためには、公知の PLL 回路を使って生成してもよい。あるいは、出力にクロック周波数 $N_c \cdot f_o$ が現れる発振器を使っ

てもよい。

【0082】

図10は、クロック f を出力する回路の構成例である。ここで、正弦波のデータは整数で表現した方は扱い易いので、次式のように M を導入する。

【数56】

$$\begin{aligned} Pw &= Pw_0 - Pw_0 \cdot A \cdot \sin(\omega_1 t + \phi) \\ &= [\{ Nc \cdot M - Nc \cdot A \cdot M \cdot \sin(\omega_1 t + \phi) \} / M] \cdot \delta P \end{aligned}$$

【0083】

上記 M は、 $M \cdot \sin(\omega_1 t)$ が必要な精度が得られる整数となる $M = 2^m$ (m は自然数) から選ぶ。

図示しないコントローラは、ゲイン Nc A セットレジスタへ上記 (a) 式より A を決定してデータ Nc A を乗算器へ送る。 Nc は Nc A の値によって A の精度が十分表現できる自然数を選ぶ。また、位相 ϕ 設定遅延回路へ上記 (b) 式より ϕ を決定し、 $2\pi - \phi$ よりデータ ϕ_n (ただし n は 0 から $L-1$ の整数) を送る。 $M \cdot \sin \{ 2\pi (n/L) \}$ テーブル・ROM (符号 1 ビットとデータ m ビット) は、 L アドレスカウンタで指定されたアドレス n のデータ $M \cdot \sin \{ 2\pi (n/L) \}$ を出力する。 L アドレスカウンタはクロック $f_s = f_o / K$ (ただし、 K は自然数) によって $0 \sim L-1$ までカウントしている。 K は正弦波のテーブルの大きさ L を決定すると一義的に決まる。 $T = LK / f_o$ つまり $K = f_o T / L$ である。ベルト一周の基準位置を検出するホームセンサ出力のホームパルスに対してコントローラより指定されたデータ ϕ_n に相当するクロック f_s の ϕ_n カウント後に、位相 ϕ 設定遅延回路より $Reset$ 信号が出力される。したがってホームパルス検出から位相を ϕ_n パルス分ずらせて $M \cdot \sin \{ 2\pi (n/L) \}$ テーブル・ROM よりデータを出力することが可能となる。そして、乗算器と減算器を通して発生パルス幅 τ_c を生じさせるデータが τ_c レジスタへ送られる。ここで、減算器出力の下位 $0 \sim m-1$ ビットデータを削除することは、 M で割算を実行することと等価である。従って、 τ_c レジスタへは下位 $0 \sim m-1$ ビットデータは送られない。この τ_c レジスタに基づいてプリセッタブルカウンタからクロック f が出力される。プリセッタブル減算カウンタは、初期化としてコント

ローラからリセット信号CRを受けてクリアされるが、その後すぐNcfクロックが到達すると出力BRが発生され、 τc レジスタのデータをセットする。そして、Ncfクロックでカウントダウンしていき、データがゼロになると出力BRからパルスが発生し、同時に τc レジスタの内容をまたセットする。そのとき指定されたパルス幅データがセットされるのである。このBR出力が求めるクロックfである。

【0084】

図11は、位相 ϕ 遅延設定回路の構成例である。コントローラ回路より位相($2\pi - \phi$)に相当するデータ ϕn が0～L-1のどれかがセットされる。上記図10において、一度決定された最適な($2\pi - \phi$)あるいはAデータを不揮発性メモリに蓄積しておけば、温度あるいは経時的に変化がない間はそのままのデータによるクロックfを使って制御すれば良い。

次に、ベルト500と駆動ローラ501との間のすべりとベルト厚さ変動を同時に軽減したい場合は、エンコーダ出力と比較する基準パルスを生成し、次式の η' を求める。

【数57】

$$A_E / C = \eta' \quad \text{--- (27)}$$

【0085】

そして、上記(24)式の $X = C \cdot \sin[\omega_1 \{t - (\tau - c / \omega_1)\} + \alpha_1]$ を勘案すると同様にベルトのホーム位置検出器を付し、駆動ローラ501を一定に回転角速度 ω_D で回転させてベルトの変動の一回転周期のデータを蓄積する。その変動データの振幅Cと振幅Cが検出されたホーム位置からの時間 T_{hm}' を計測しておく。上記(2)式と上記(24)式を比較すればわかるように、ホーム位置から($T_{hm}' + c / \omega_1 - \tau$)時間に、前記検出したデータCを η' 倍した振幅 $\eta' C$ が得られるようなモータの制御用基準クロックを生成すればよい。

【0086】

次に、上記後者の(2)DCモータに対するフィードバック制御を行う場合のベルト駆動制御装置の構成例について説明する。

駆動ローラ 501 の回転軸にもエンコーダを付し、この出力をフィードバックすることにより駆動ローラ 501 を一定に回転角速度 ω_D で回転させてベルト 500 の変動の一回転周期のデータを蓄積する。そして、その変動データの振幅 C と正弦的波形のゼロクロス点のゼロ位相（立ち上がり部）が検出されたホーム位置からの時間 T_h' を計測し、ホーム位置から $(T_h' + c/\omega_1 - \tau)$ 時間にゼロクロス点が来る正弦的波形の振幅が前記データ C を η' 倍した振幅 $-\eta' C$ が得られるような DC モータの制御クロックを生成すればよい。

エンコーダ側の従動ローラ 502 の回転角速度 ω_e は、次式のようにになる。ただし、 $\omega_{e0} = V / (R_E + \kappa B_{t0})$ であり、 $t = 0$ はベルトホーム位置検出時である。この場合は、エンコーダ側の従動ローラ 502 に正弦的な変動 $\Delta \omega_e$ が発生するように制御する必要がある。

【数 58】

$$\omega_e = \omega_{e0} + \Delta \omega_e$$

$$\Delta \omega_e = -\eta' C \cdot \sin [\omega_1 \{t - (T_h' + c/\omega_1 - \tau)\}]$$

【0087】

次に、エンコーダ出力から発生するパルス周波数 f_e と比較する基準クロック f_{ref} を発生するパルス発生回路について説明する。

エンコーダ側の従動ローラ 502 の基準回転角速度を決めるクロック基準周波数を f_{e0} 、従動ローラ 502 の基準角速度から変化させための増分周波数を Δf_e とすると、従動ローラ 502 の回転角速度 ω_e は、次式のようにになる。ただし、 N_e はエンコーダが 1 回転するのに必要なクロック f_e のパルス数である。

【数 59】

$$\omega_e = 2\pi (f_{e0} + \Delta f_e) / N_e$$

【0088】

さらにベルト厚さ変動によるベルト速度変動を軽減するためにエンコーダ側の従動ローラ 502 を正弦的に周波数が変化するように変調すると、従動ローラ 502 の回転角周波数 ω_e は次式のようにになる。

【数 60】

$$\omega_e = \omega_{e0} \{1 + A \cdot \sin(\omega_1 t + \phi)\}$$

【数 6 1】

$$A = -\eta' C / \omega_{e0} \quad \text{--- (a')} \quad$$

【数 6 2】

$$\begin{aligned} \phi &= -\omega_1 (Th' + c / \omega_1 - \tau) \\ &= -\omega_1 Th' - c + \omega_1 \tau \quad \text{--- (b')} \end{aligned}$$

【0089】

図10及び図11と同様な回路を用いて基準クロック f_{ref} を生成することができる。

図12における基準クロック f_{ref} に、ここに述べたクロックを用いると、ベルト厚さ変動とベルトと駆動ローラ間すべりによるベルト速度変動を軽減することができる。図12はこの基準入力 f_{ref} とエンコード出力 f_e とを比較する位相比較器と、チャージポンプ、そしてループフィルタで構成される公知のPLL制御系で構成されている。図12におけるサーボアンプはモータの電流を検出することによって構成できる公知の電流源型の構成を取っている。

【0090】

次に、上記基準クロック f_{ref} を用いて”ベルト厚さ変動”と”ベルトと駆動ローラ間すべり”による速度変動を軽減できるパルスモータを用いた構成例について説明する。

パルスモータ駆動用クロック f_p は、基準周波数 f_{ref} の位相 $\theta_{f_{ref}}$ とエンコード出力パルス周波数の f_e の位相 θ_{f_e} を比較した位相差 $\theta_{\epsilon} = \theta_{f_{ref}} - \theta_{f_e}$ に応じて生成される。

基準周波数のパルス幅を示す前記図10の τ_c レジスタ出力データでセットされるプリセッタブルカウンタ（語長はたとえば最大基準パルス幅 P_{pw} の2倍） C_{ntw} から、図13の位相比較器PD出力エンコードパルス幅間隔を、図10の N_{cfo} クロックの G 倍の周波数のクロックで計測する。このことは等価的に制御系のゲインを $G = M_{p1} / N_{p1}$ 倍していることに相当する。この G は目標制御誤差によって決定される値である。クロック GN_{cfo} は、図13のように位相比較器、チャージポンプ、ループフィルタ、可変電圧制御発振器（VCO）、と二つのカウンタのよって構成されるPLL回路によって発生される。エンコ

ータ出力の位相が遅れている場合は、前記プリセッタブルカウンタ $Cntw$ をダウン (Down) つまり発生パルス周波数を上げるようにし、進んでいる場合はアップ (Up) する。プリセッタブルカウンタへの τc レジスタの内容のセットは位相比較器 PD の位相比較結果の出力パルスの前側エッジでセットする。プリセッタブルカウンタ $Cntw$ がキャリーあるいはボロー出力が出る状態になったときはカウンタ $Cntw$ がオーバフローするのでそれ以上カウントするのを停止してその状態を保持する。そして、位相比較器 PD 出力パルスの後側エッジでプリセッタブルカウンタ $Cntw$ の出力をバッファレジスタ $Bufcw$ にセットする。バッファレジスタ $Bufcw$ 出力がモータ駆動パルスのパルス幅を示している。さらに、パルス発生用プリセッタブル減算カウンタ $Cntpg$ を設ける。このカウンタ $Cntpg$ には、カウンタ $Cntpg$ 出力 BRg によってバッファレジスタ $Bufcw$ 出力がセットされる。この減算カウンタ $Cntpg$ への減算カウントは、 $Ncf o$ クロックにて行なう。つまりプリセッタブルカウンタ $Cntw$ にセットされる基準周波数 f_{ref} に基づく基準パルス幅 Ppw を中心に位相比較器 PD 出力に応じてカウンタの値 $Cntw$ が変化しているからである。たとえばクロック $GNcf o$ で減算カウンタ $Cntpg$ への減算カウントをすると基準パルス幅 Ppw も変調されてしまう。カウンタ $Cntpg$ 出力 BRg は、パルスモータの駆動周波数 f_p となる。周波数変換器は、図 13 における $Ncf o$ から $GNcf o$ に周波数変換する回路と同様に構成される。

【0091】

図 14 は、図 13 におけるデジタル微分回路の構成例を示している。入力信号パルス D/U の立ち上がり部で微分した出力 $Rise$ と立ち下がり部で微分した出力 $Fall$ が発生する。

【0092】

なお、上記ベルト駆動制御装置で用いるエンコーダを取り付ける従動ローラは、ベルトが巻きついているローラのうち自分自身の温度変化、前後のローラの温度変化、あるいは周囲の温度変化によるベルト形状変化が小さいところに設置するのが好ましい。つまり、ベルト伸縮によるベルト厚さ変化が無視できるローラにエンコーダを設置するのが好ましい。

ローラ温度上昇により、ベルトの温度が伝播により上昇し、ベルトが伸び、ベルトの厚さが薄くなった状態になる。ベルト温度が冷えない状態で駆動ローラに巻き付くと、同じ回転で駆動ローラが回転しているとベルト速度が遅くなる。このときベルトの伸びの影響はテンションローラで吸収している。またローラ温度上昇による温度伝播は、このローラの上流側へも伝わる。つまりこのローラに巻き付いたベルトはベルト厚さが変動を起こす。したがって、このような位置にエンコーダを付設すると、温度の影響で誤った情報を得てしまう。

温度によるベルト厚さ変動は、加工時に生じる初期にあるベルトの厚さ変動周期より緩やかな変動である。したがって制御的にはDC変動に近いとみなしてもよい。エンコーダを温度変化の少ない位置に設置して、この情報に基づいて制御すると、前記制御例及びベルト駆動制御装置の構成例において、DC成分は、エンコーダの情報をそのままフィードバックして制御する。DC成分は、温度によるベルト厚さ変動を受けない位置で制御しているので、ローラの温度変化による速度変動が生じないことになる。駆動ローラでは、加工時に生じてしまう初期からあるベルト厚さ変動に加えて、機械レイアウトによってはDC的な温度による厚さ変動が付加される状態が生じる。このDC的な変動の影響はエンコーダを温度変化の少ないところに設けることで影響を受けない。初期からあるベルト厚さ変動はいままで述べて制御例及びベルト駆動制御装置の構成例で影響を受けないようにできる。

【0093】

また、上記制御例及びベルト駆動制御装置の構成例において、ベルト厚さ変動に対してだけでなく、同様に駆動ローラの偏心や駆動伝達機構の偏心、伝達誤差によって発生する周期的な変動をエンコーダより検出してベルト厚さ変動と同様な処理をすれば、それら変動を軽減できる。この場合は、エンコーダで検出された回転角変位又は回転角速度の検出データから、ベルト厚さ変動の周波数以外の周波数を有する交流成分を抽出した制御に用いることになる。

【0094】

また、上記ベルト駆動制御装置の制御手段における信号(データ)処理の一部又はすべては、上記コントローラ内のマイクロコンピュータあるいは上記コント

ローラとは別に設けたマイクロコンピュータに所定のプログラムを読み込んで実行させることもできる。このプログラムは、マイクロコンピュータ内の記憶手段としてのRAMやROM等に記憶させておき、必要に応じてCPUに読み出して実行する。また、このプログラムは、ROM等の半導体メモリや、光ディスク（CD-ROM、CD-R等）、磁気ディスク（FD、HD等）、磁気テープなどの記録媒体を記録した状態で受け渡しすることができ、コンピュータネットワークを介した通信によって受け渡しすることもできる。

【0095】

次に、上記ベルト駆動制御装置を用いることができる画像形成装置について説明する。

図15は、画像形成装置としてのカラー複写機の概略構成図である。図15において、潜像担持体としての感光体101は、閉ループ状のNLのベルト基材の外周面上に、有機光半導体（OPC）等の感光層が薄膜状に形成された無端状の感光体ベルトである。この感光体101は、3本の支持回転体としての感光体搬送ローラ102～104によって支持され、駆動モータ（図示せず）によって矢印A方向に回転する。

【0096】

感光体101の周りには、矢印Aで示す感光体回転方向へ順に、帯電器105、露光手段としての露光光学系（以下LSUという）106、ブラック、イエロー、マゼンタ、シアンの各色の現像器107～110、中間転写ユニット111、感光体クリーニング手段112及び除電器113が設けられている。帯電器105は、 $-4 \sim 5$ kV程度の高電圧が図示しない電源装置から印加され、感光体101の帯電器105に対向した部分を帯電して一様な帯電電位を与える。

【0097】

上記LSU106は、レーザ駆動回路（図示せず）により階調変換手段（図示せず）からの各色の画像信号を順次に光強度変調やパルス幅変調してその変調信号で半導体レーザ（図示せず）を駆動することにより露光光線114を得、この露光光線114により感光体101を走査して感光体101上に各色の画像信号に対応する静電潜像を順次に形成する。継ぎ目センサ115はループ状に形成さ

れた感光体 101 の継ぎ目を検知するものであり、継ぎ目センサ 115 が感光体 101 の継ぎ目を検知すると、感光体 101 の継ぎ目を回避するように、かつ、各色の静電潜像形成角変位が同一になるように、タイミングコントローラ 116 が LSU 106 の発光タイミングを制御する。

【0098】

各現像器 107～110 は、それぞれの現像色に対応したトナーを収納しており、感光体 101 上の各色の画像信号に対応した静電潜像に応じたタイミングで選択的に感光体 101 に当接し、感光体 101 上の静電潜像をトナーにより現像して各色の画像とすることで、4色重ねの画像によるフルカラー画像を形成する。

【0099】

中間転写ユニット 111 は、アルミニウム等の金属の素管に導電性の樹脂等からなるベルト状のシートを巻いたドラム状の中間転写体（転写ドラム） 117 と、ゴム等をブレード状に形成した中間転写体クリーニング手段 118 とからなり、中間転写体 117 上に 4色重ねの画像が形成されている間は中間転写体クリーニング手段 118 が中間転写体 117 から離間している。中間転写体クリーニング手段 118 は、中間転写体 117 をクリーニングする時のみ中間転写体 117 に当接し、中間転写体 117 から記録媒体としての記録紙 119 に転写されずに残ったトナーを除去する。記録紙は、記録紙カセット 120 から給紙ローラ 121 により 1枚ずつ用紙搬送路 122 に送り出される。

【0100】

転写手段としての転写ユニット 123 は、中間転写体 117 上のフルカラー画像を記録紙 119 に転写するものであり、導電性のゴム等をベルト状に形成した転写ベルト 124 と、中間転写体 117 上のフルカラー画像を記録紙 119 に転写するための転写バイアスを中間転写体 117 に印加する転写器 125 と、記録紙 119 にフルカラー画像が転写された後に記録紙 119 が中間転写体 117 に静電的に張り付くのを防止するようにバイアスを中間転写体 117 に印加する分離器 126 とから構成されている。

【0101】

定着器 127 は、内部に熱源を有するヒートローラ 128 と、加圧ローラ 129 とから構成され、記録紙 119 上に転写されたフルカラー画像をヒートローラ 128 と加圧ローラ 129 との記録紙挟持回転に伴い圧力と熱を記録紙 119 に加えて記録紙 119 にフルカラー画像を定着させてフルカラー画像を形成する。

【0102】

上記構成のカラー複写は次のように動作する。ここで、静電潜像の現像は、ブラック、シアン、マゼンタ、イエローの順で行われるものとして説明を進める。

感光体 101 と中間転写体 117 は、それぞれの駆動源（図示せず）により、矢印 A、B 方向にそれぞれ駆動される。この状態で、まず、帯電器 105 に -4 ~ 5 kV 程度の高電圧が電源装置（図示せず）から印加され、帯電器 105 が感光体 101 の表面を一様に -700 V 程度に帯電させる。次に、継ぎ目センサ 115 が感光体 101 の継ぎ目を検知してから、感光体 101 の継ぎ目を回避するように一定時間が経過した後に感光体 101 に LSU 106 からブラックの画像信号に対応したレーザビームの露光光線 114 が照射され、感光体 101 は露光光線 114 が照射された部分の電荷が消えて静電潜像が形成される。

【0103】

一方、ブラック現像器 7 は所定のタイミングで感光体 101 に当接される。ブラック現像器 107 内のブラックトナーは負の電荷が予め与えられており、感光体 101 上の露光光線 114 の照射により電荷が無くなった部分（静電潜像部分）にのみブラックトナーが付着し、いわゆるネガポジプロセスによる現像が行われる。ブラック現像器 107 により感光体 101 の表面に形成されたブラックトナー像は、中間転写体 117 に転写される。感光体 101 から中間転写体 117 に転写されなかった残留トナーは感光体クリーニング手段 112 により除去され、さらに除電器 113 によって感光体 101 上の電荷が除去される。

【0104】

次に、帯電器 105 が感光体 101 の表面を一様に -700 V 程度に帯電させる。そして、継ぎ目センサ 115 が感光体 101 の継ぎ目を検知してから、感光体 101 の継ぎ目を回避するように一定時間が経過した後に感光体 101 に LSU 106 からシアンの画像信号に対応したレーザビームの露光光線 114 が照射

され、感光体 101 は露光光線 114 が照射された部分の電荷が消えて静電潜像が形成される。

【0105】

一方、感光体 101 には所定のタイミングでシアン現像器 108 が当接される。シアン現像器 108 内のシアントナーは負の電荷が予め与えられており、感光体 101 上の露光光線 114 の照射により電荷が無くなった部分（静電潜像部分）にのみシアントナーが付着し、いわゆるネガポジプロセスによる現像が行われる。シアン現像器 108 により感光体 101 の表面に形成されたシアントナー像は、中間転写体 117 上にブラクトナー像と重ねて転写される。感光体 101 から中間転写体 117 に転写されなかった残留トナーは感光体クリーニング手段 112 により除去され、さらに除電器 113 によって感光体 101 上の電荷が除去される。

【0106】

次に、帯電器 105 が感光体 101 の表面を一様に -700 V 程度に帯電させる。そして、継ぎ目センサ 115 が感光体 101 の継ぎ目を検知してから、感光体 101 の継ぎ目を回避するように一定時間が経過した後に感光体 101 に LSU 106 からマゼンタの画像信号に対応したレーザビームの露光光線 114 が照射され、感光体 101 は露光光線 114 が照射された部分の電荷が消えて静電潜像が形成される。

【0107】

一方、感光体 101 には所定のタイミングでマゼンタ現像器 109 が当接される。マゼンタ現像器 109 内のマゼンタトナーは負の電荷が予め与えられており、感光体 101 上の露光光線 114 の照射により電荷が無くなった部分（静電潜像部分）にのみマゼンタトナーが付着し、いわゆるネガポジプロセスによる現像が行われる。マゼンタ現像器 109 により感光体 101 の表面に形成されたマゼンタトナー像は、中間転写体 117 上にブラクトナー像、シアントナー像と重ねて転写される。感光体 101 から中間転写体 117 に転写されなかった残留トナーは感光体クリーニング手段 112 により除去され、さらに除電器 113 によって感光体 101 上の電荷が除去される。

【0108】

さらに、帯電器105が感光体101の表面を一様に-700V程度に帯電させる。そして、継ぎ目センサ115が感光体101の継ぎ目を検知してから、感光体101の継ぎ目を回避するように一定時間が経過した後に感光体101にLSU106からイエローの画像信号に対応したレーザビームの露光光線114が照射され、感光体101は露光光線114が照射された部分の電荷が消えて静電潜像が形成される。

【0109】

一方、感光体101には所定のタイミングでイエロー現像器110が当接される。イエロー現像器110内のイエロートナーは負の電荷が予め与えられており、感光体101上の露光光線114の照射により電荷が無くなった部分（静電潜像部分）にのみイエロートナーが付着し、いわゆるネガポジプロセスによる現像が行われる。イエロー現像器110により感光体101の表面に形成されたイエロートナー像は中間転写体117上にブラクトナー像、シアントナー像、マゼンタトナー像と重ねて転写され、中間転写体117上にフルカラー画像が形成される。感光体101から中間転写体117に転写されなかった残留トナーは感光体クリーニング手段112により除去され、さらに除電器113によって感光体101上の電荷が除去される。

【0110】

中間転写体117上に形成されたフルカラー画像は、これまで中間転写体117から離間していた転写ユニット123が中間転写体117に接触し、転写器125に+1kV程度の高電圧が電源装置（図示せず）から印加されることで、記録紙カセット120から用紙搬送路122に沿って搬送されてきた記録紙119へ転写器125により一括して転写される。

【0111】

また、分離器126には記録紙119を引き付ける静電力が働くように電圧が電源装置から印加され、記録紙119が中間転写体117から剥離される。続いて、記録紙119は、定着器127に送られ、ここでヒートローラ128と加圧ローラ129とによる挟持圧、ヒートローラ128の熱によってフルカラー画像

が定着されて排紙ローラ 1 3 0 により排紙トレイ 1 3 1 へ排出される。

【0 1 1 2】

また、転写ユニット 1 2 3 により記録紙 1 1 9 上に転写されなかった中間転写体 1 1 7 上の残留トナーは中間転写体クリーニング手段 1 1 8 により除去される。中間転写体クリーニング手段 1 1 8 は、フルカラー画像が得られるまで中間転写体 1 1 7 から離間した角変位にあり、フルカラー画像が記録紙 1 1 9 に転写された後に中間転写体 1 1 7 に接触して中間転写体 1 1 7 上の残留トナーを除去する。以上の一連の動作によって 1 枚分のフルカラー画像形成が終了する。

【0 1 1 3】

このようなカラー複写機においては、感光体 1 0 1 及び中間転写体 1 1 7 の回転精度が最終画像の品質に大きく影響し、特に高精度な感光体 1 0 1 及び中間転写体 1 1 7 の高精度駆動が望まれる。

そこで、感光体ベルト 1 の駆動を前記ベルト搬送制御装置を用いて制御する。この制御により、感光体 1 0 1 上に濃度ムラ、色ズレのない高精度な画像を形成でき、高品質な画像を得ることができる。

【0 1 1 4】

なお、上記図 1 5 の画像形成装置において、上記感光体 1 0 1 と、感光体搬送ローラ 1 0 2 ～ 1 0 4 と、従動支持回転体としての感光体搬送ローラに取り付けた図示しないエンコーダと、駆動支持回転体としての感光体搬送ローラに取り付けた図示しない駆動モータと、前記ベルト駆動装置とを含むように感光体ベルト装置を構成することもできる。更に、この感光体ベルト装置は、保守・交換等が容易になるように、画像形成装置本体に対して着脱可能なプロセスカートリッジとして構成してもよい。

【0 1 1 5】

図 1 6 は、上記ベルト駆動制御装置を用いることができる画像形成装置としてのタンデム方式のカラー複写機の概略構成図である。図 1 6 において、複数色、例えばブラック（以下 B k という）、マゼンタ（以下 M という）、イエロー（以下 Y という）、シアン（以下 C という）の各画像をそれぞれ形成する複数の画像形成ユニット 2 2 1 B k、2 2 1 M、2 2 1 Y、2 2 1 C が垂直方向に配列され

、この画像形成ユニット 221Bk、221M、221Y、221Cは、それぞれドラム状の感光体からなる像担持体 222Bk、222M、222Y、222C、帯電装置（例えば接触帯電装置）223Bk、223M、223Y、223C、現像装置 224Bk、224M、224Y、224C、クリーニング装置 225Bk、225M、225Y、225Cなどから構成される。

【0116】

感光体 222Bk、222M、222Y、222Cは、無端状搬送転写ベルト 226と対向して垂直方向に配列され、搬送転写ベルト 226と同じ周速で回転駆動される。この感光体 222Bk、222M、222Y、222Cは、それぞれ、帯電装置 223Bk、223M、223Y、223Cにより均一に帯電された後に、光書き込み装置からなる露光手段 227Bk、227M、227Y、227Cによりそれぞれ露光されて静電潜像が形成される。

【0117】

光書き込み装置 227Bk、227M、227Y、227Cは、それぞれY、M、C、Bk各色の画像信号により半導体レーザ駆動回路で半導体レーザを駆動して半導体レーザからのレーザビームをポリゴンミラー 229Bk、229M、229Y、229Cにより偏向走査し、このポリゴンミラー 229Bk、229M、229Y、229Cからの各レーザビームを図示しないf θ レンズやミラーを介して感光体 222Bk、222M、222Y、222Cに結像することにより、感光体 222Bk、222M、222Y、222Cを露光して静電潜像を形成する。

【0118】

この感光体 222Bk、222M、222Y、222C上の静電潜像は、それぞれ現像装置 224Bk、224M、224Y、224Cにより現像されてBk、M、Y、C各色のトナー像となる。したがって、帯電装置 223Bk、223M、223Y、223C、光書き込み装置 227Bk、227M、227Y、227C及び現像装置 224Bk、224M、224Y、224Cは、感光体 222Bk、222M、222Y、222C上にBk、M、Y、C各色の画像（トナー像）を形成する画像形成手段を構成している。

【0119】

一方、普通紙、OHPシートなどの転写紙は、本画像形成装置の下部に設置された、給紙カセットを用いて構成された給紙装置230から転写紙搬送路に沿ってレジストローラ231に給紙され、レジストローラ231は1色目の画像形成ユニット（転写紙に最初に感光体上の画像を転写する画像形成ユニット）221Bkにおける感光体222Bk上のトナー像とタイミングを合わせて転写紙を無端状の搬送転写ベルト226と感光体222Bkとの転写ニップ部へ送出する。

【0120】

上記搬送転写ベルト226は垂直方向に配列された駆動ローラ232及び従動ローラ233に掛け渡され、駆動ローラ232が図示しない駆動部により回転駆動されて搬送転写ベルト226が感光体222Bk、222M、222Y、222Cと同じ周速で回転する。レジストローラ231から送り出された転写紙は、搬送転写ベルト226により搬送され、感光体222Bk、222M、222Y、222C上のBk、M、Y、C各色のトナー像がコロナ放電器からなる転写手段234Bk、234M、234Y、234Cにより形成される電界の作用で順次に重ねて転写されることによりフルカラー画像が形成されると同時に、搬送転写ベルト226に静電的に吸着されて確実に搬送される。

【0121】

この転写紙は、分離チャージャからなる分離手段236により徐電されて搬送転写ベルト226から分離された後に定着装置237によりフルカラー画像が定着され、排紙ローラ238により本実施例の上部に設けられている排紙部239へ排出される。また、感光体222Bk、222M、222Y、222Cは、トナー像転写後にクリーニング装置225Bk、225M、225Y、225Cによりクリーニングされて次の画像形成動作に備える。

【0122】

このようなカラー複写機においては、搬送転写ベルト226の回転精度が最終画像の品質に大きく影響し、より高精度な搬送転写ベルト226の駆動制御が望まれる。そこで、本画像形成装置では、搬送転写ベルト226を前記ベルト搬送制御装置を用いて制御している。この制御により、複数の感光体222Bk、2

22M、222Y、222Cを回転させてカラー画像を形成する画像形成装置において、搬送転写ベルト226を速度変動なく一定周速度で駆動することが可能となり、前記複数の感光体222Bk、222M、222Y、222Cで形成された像を精度よく重ねることができ、高品質な画像を得ることができる。

【0123】

なお、上記図16の画像形成装置において、上記搬送転写ベルト226と、駆動ローラ232と、従動ローラ233と、駆動ローラ232に取り付けた図示しないエンコーダと、従動ローラ233に取り付けた図示しない駆動モータと、前記ベルト駆動装置とを含むように搬送転写ベルト装置を構成することもできる。更に、この搬送転写ベルト装置は、保守・交換等が容易になるように、画像形成装置本体に対して着脱可能な搬送転写ベルトユニットとして構成してもよい。

【0124】

図17は、上記ベルト駆動制御装置を用いることができる画像形成装置としてのタンデム型のカラー複写機の概略構成図である。図17において、符号100は複写機本体、200はそれを載せる給紙テーブル、300は複写機本体100上に取り付けるスキャナ、400はさらにその上に取り付ける原稿自動搬送装置(ADF)である。

複写機本体100には、中央に、無端状のベルトである中間転写体10を設ける。中間転写体10が、本請求項における無端状ベルトに相当する。図17に示すとおり、図示例では3つの支持ローラ14、15、16に掛け回して図中時計回りに回転搬送可能とする。

この図示例では、3つのうち第2の支持ローラ15の左に、画像転写後に中間転写体10上に残留する残留トナーを除去する中間転写体クリーニング装置17を設ける。また、3つのうちの第1の支持ローラ14と第2の支持ローラ15間に張り渡した中間転写体10上には、その搬送方向に沿って、ブラック・シアン・マゼンタ・イエロの4つの画像形成手段18を横に並べて配置してタンデム画像形成装置20を構成する。

【0125】

タンデム画像形成装置20の上には、図17に示すように露光装置21が設け

られている。一方、中間転写体 10 を挟んでタンデム画像形成装置 20 と反対の側には、2 次転写装置 22 を備える。2 次転写装置 22 は、図示例では、2 つのローラ 23 間に、無端ベルトである 2 次転写ベルト 24 を掛け渡して構成し、中間転写体 10 を介して第 3 の支持ローラ 16 に押し当てて配置し、中間転写体 10 上の画像をシートに転写する。

【0126】

2 次転写装置 22 の横には、シート上の転写画像を定着する定着装置 25 を設ける。定着装置 25 は、無端ベルトである定着ベルト 26 に加圧ローラ 27 を押し当てて構成する。

上記 2 次転写装置 22 には、画像転写後のシートをこの定着装置 25 へと搬送するシート搬送機能も備えてなる。もちろん、2 次転写装置 22 として、非接触のチャージャを配置してもよく、そのような場合は、このシート搬送機能を併せて備えることは難しくなる。

なお、図示例では、このような 2 次転写装置 22 および定着装置 25 の下に、上述したタンデム画像形成装置 20 と平行に、シートの両面に画像を記録すべくシートを反転するシート反転装置 28 を備える。

【0127】

上記構成のカラー複写機を用いてコピーをとるときは、原稿自動搬送装置 400 の原稿台 30 上に原稿をセットする。または、原稿自動搬送装置 400 を開いてスキャナ 300 のコンタクトガラス 32 上に原稿をセットし、原稿自動搬送装置 400 を閉じてそれで押さえる。

そして、不図示のスタートスイッチを押すと、原稿自動搬送装置 400 に原稿をセットしたときは、原稿を搬送してコンタクトガラス 32 上へと移動した後、他方コンタクトガラス 32 上に原稿をセットしたときは、直ちにスキャナ 300 を駆動し、第 1 走行体 33 および第 2 走行体 34 を走行する。そして、第 1 走行体 33 で光源から光を発射するとともに原稿面からの反射光をさらに反射して第 2 走行体 34 に向け、第 2 走行体 34 のミラーで反射して結像レンズ 35 を通して読取りセンサ 36 に入れ、原稿内容を読み取る。

【0128】

また、不図示のスタートスイッチを押すと、不図示の駆動モータで支持ローラ 14、15、16 の 1 つを回転駆動して他の 2 つの支持ローラを従動回転し、中間転写体 10 を回転搬送する。同時に、個々の画像形成手段 18 でその感光体 40 を回転して各感光体 40 上にそれぞれ、ブラック・イエロ・マゼンタ・シアン の単色画像を形成する。そして、中間転写体 10 の搬送とともに、それらの単色画像を順次転写して中間転写体 10 上に合成カラー画像を形成する。

【0129】

一方、不図示のスタートスイッチを押すと、給紙テーブル 200 の給紙ローラ 42 の 1 つを選択回転し、ペーパーバンク 43 に多段に備える給紙カセット 44 の 1 つからシートを繰り出し、分離ローラ 45 で 1 枚ずつ分離して給紙路 46 に入れ、搬送ローラ 47 で搬送して複写機本体 100 内の給紙路 48 に導き、レジストローラ 49 に突き当てて止める。

または、給紙ローラ 50 を回転して手差しトレイ 51 上のシートを繰り出し、分離ローラ 52 で 1 枚ずつ分離して手差し給紙路 53 に入れ、同じくレジストローラ 49 に突き当てて止める。

そして、中間転写体 10 上の合成カラー画像にタイミングを合わせてレジストローラ 49 を回転し、中間転写体 10 と 2 次転写装置 22 との間にシートを送り込み、2 次転写装置 22 で転写してシート上にカラー画像を記録する。

【0130】

画像転写後のシートは、2 次転写装置 22 で搬送して定着装置 25 へと送り込み、定着装置 25 で熱と圧力とを加えて転写画像を定着して後、切換爪 55 で切り換えて排出ローラ 56 で排出し、排紙トレイ 57 上にスタックする。または、切換爪 55 で切り換えてシート反転装置 28 に入れ、そこで反転して再び転写位置へと導き、裏面にも画像を記録して後、排出ローラ 56 で排紙トレイ 57 上に排出する。

【0131】

一方、画像転写後の中間転写体 10 は、中間転写体クリーニング装置 17 で、画像転写後に中間転写体 10 上に残留する残留トナーを除去し、タンデム画像形成装置 20 による再度の画像形成に備える。

【0132】

上記構成のカラー複写機においても、中間転写体10を上記ベルト搬送制御装置を用いて制御することにより、中間転写体10上に転写される画像において濃度ムラ、色ズレを抑え高精度な画像を転写紙に転写することが可能となる。

【0133】

なお、上記図16の画像形成装置において、上記中間転写体10と、支持回転体としての支持ローラ14、15、16と、駆動支持回転体としての支持ローラに取り付けた図示しないエンコーダと、従動支持回転体としての支持ローラに取り付けた図示しない駆動モータと、前記ベルト駆動装置とを含むように中間転写ベルト装置を構成することもできる。更に、この中間転写ベルト装置は、保守・交換等が容易になるように、画像形成装置本体に対して着脱可能な中間転写ベルトユニットとして構成してもよい。

【0134】

以上、本実施形態によれば、エンコーダ601で検出した従動ローラ502の回転角変位又は回転角速度変動の検出データから、ベルト500の周方向の周期的な厚さ変動に対応した周波数を有する、従動ローラ502の回転角速度の交流成分を抽出する。この抽出した交流成分の振幅及び位相に基づいて、駆動ローラ501の回転を制御することにより、ベルト500の周方向に厚さ変動の影響を受けずにベルト500を一定の移動速度で駆動することができる。また、上記ベルト500の駆動制御のために、予めベルト500の全周にわたって厚さを正確に測定したり、制御中にベルト500の厚さを実測するための高価なセンサを設けたりする必要がないため、コストアップを抑えることができる。

更に、上記回転角変位又は回転角速度変動を検出する従動ローラの配置については制約がないため、ベルト500の支持ローラの配置に関して設計自由度を確保することができる。また、ベルトの移動速度を検知して駆動ローラを制御のためにベルト表面の周長方向に沿って複数のマークを等間隔に形成する必要もない。

また、本実施形態においては、エンコーダ601で検出した従動ローラ502の回転角変位又は回転角速度変動の検出データから、従動ローラ502の回転角

速度の直流成分を抽出し、この直流成分の大きさに基づいて駆動ローラ 501 の回転を制御してもよい。この制御を行った場合は、従動ローラ 502 の径と駆動ローラ 501 の径とが異なる場合でも、ベルト 500 の移動速度の絶対値が所定の値になるように制御できる。

また、本実施形態においては、従動ローラ 502 の回転角変位又は回転角速度変動の検出データから、ベルト 500 の周方向の周期的な厚さ変動に対応した周波数以外の周波数を有する、従動ローラ 502 の回転角速度の交流成分を抽出してもよい。そして、この交流成分の振幅及び位相の情報に基づいて、駆動ローラ 501 の回転を制御してもよい。この場合は、ベルトの厚さ変動以外の要因、例えば駆動ローラの偏心や駆動伝達機構の偏心等によるベルト 500 の移動速度の変動を防止することができる。

また、本実施形態においては、駆動支持回転体（駆動ローラ 501 及び従動ローラ 502）の半径や実効ベルト厚さが異なると、駆動側及び従動側におけるベルト移動量と回転角との関係やベルト 500 の同一部分が巻き付くタイミングが異なるため、ベルト 500 を一定速度で駆動するための条件が異なってくる。そこで、従動ローラ 502 の半径 R_E と、ベルト 500 の従動ローラ 502 に接触している接触部分の移動速度の基準となる実効ベルト厚さ κB_{t0} と、駆動ローラ 501 の半径 R_D と、ベルト 500 の駆動ローラ 501 に接触している接触部分の移動速度の基準となる実効ベルト厚さ βB_{t0} と、ベルト 500 の従動ローラ 502 との接触部分中央からベルト 500 の駆動ローラ 501 との接触部分中央までのベルト 500 の移動時間 τ とを考慮して、上記交流信号を処理するのが好ましい。この処理後の交流信号の振幅及び位相に基づいて、駆動ローラ 501 の回転制御を行う。この場合は、駆動ローラ 501 及び従動ローラ 502 の半径や両ローラ間の位置関係を自由に設計できるという設計の自由度を確保しつつ、ベルト 500 の周方向に厚さ変動の影響を受けずにベルト 500 を一定の移動速度で駆動することができる。

特に、本実施形態においては、駆動ローラ 501 の回転制御に、上記交流成分に対するゲインが A^2/B^2 であり且つ上記交流成分に対して $(T-\tau)$ だけ遅延させた信号を含むフィードバック信号を用いてもよい。ここで、上記 A は従動

ローラ 502 の半径 R_E とベルト 500 の従動ローラ 502 に接触している接触部分の実効ベルト厚さ κB_{t0} との和であり、上記 B は駆動ローラ 501 の半径 R_D とベルト 500 の駆動ローラ 501 に接触している接触部分の実効ベルト厚さ βB_{t0} との和である。また、上記 τ は、ベルト 500 の従動ローラ 502 との接触部分中央からベルト 500 の駆動ローラ 501 との接触部分中央までのベルト 500 の移動時間であり、上記 T はベルト 500 の一回転周期である。このように各ローラの半径や両ローラ間の距離に関連したベルト移動時間 τ を考慮したフィードバック信号又は目標基準信号を用いることにより、各ローラの半径や設置位置を自由に設計しても上記ベルト 500 の駆動制御を確実に行うことができる。

また、本実施形態においては、上記駆動ローラ 501 の回転制御に用いる基準信号 r_{ef} の振幅及び位相を変化させながらベルト 500 のテスト駆動を実行し、そのテスト駆動時に得られた上記交流信号との差分が最小になるように基準信号 r_{ef} の振幅及び位相を設定してもよい。上記駆動支持回転体の回転制御は、上記テスト駆動によって設定された振幅及び位相を有するように生成された基準信号 r_{ef} と上記交流成分との比較結果に基づいて行う。この場合は、上記基準信号 r_{ef} の設定を試行錯誤することなく上記テスト駆動で最適化することができるため、駆動制御装置の立ち上がりが早くなる。また、適当なタイミングで上記テスト駆動を実行することによって経時変化や温度変化に強いベルト駆動制御が可能となる。また、ベルトやローラ等の個体差の影響を受けにくいベルト駆動制御が可能になる。更に、ベルト 500 の一回転のホーム位置を検出するホームセンサを用いずに上記ベルト駆動制御を行うことができる。

また、本実施形態においては、ベルト 500 に設けられた基準位置マークの検出結果を基準にして駆動ローラ 501 を一定角速度で回転させるテスト駆動を実行してもよい。ここで、テスト駆動で得られた、少なくともベルト 500 の周方向厚さ変動の一周期分の上記交流信号の振幅及び位相の情報を記憶しておく。そして、上記駆動支持回転体の回転制御は、基準位置マークの検出結果と、上記テスト駆動によって記憶されている情報に基づいて生成された基準信号と上記交流成分との比較結果に基づいて行う。この場合は、予め記憶している上記交流信号

の振幅及び位相の情報を用いて基準信号を生成することにより、上記ベルト駆動制御が容易になり、制御誤差も累積しにくい。また、ベルトやローラ等の個体差の影響を受けにくいベルト駆動制御が可能になる。

また、本実施形態においては、上記交流成分の抽出を、ベルト 5 0 0 の周方向の周期的な厚さ変動に対応した互いに異なる周波数を有する複数の上記交流成分を抽出するように行い、この複数の交流成分に基づいて駆動ローラ 5 0 1 の回転制御を行ってもよい。この場合は、複雑な厚さ分布を有するベルト 5 0 0 に対しても、そのベルト 5 0 0 の周方向に厚さ変動の影響を受けずにベルト 5 0 0 を一定の移動速度で駆動することができる。

また、本実施形態においては、駆動ローラ 5 0 1 の半径とエンコーダが付された従動ローラ 5 0 2 の半径とを等しくしてもよい。この場合は、上記フィードバック信号の生成のためのゲインの演算処理が簡易になる。また、この場合は、ベルト 5 0 0 の従動ローラ 5 0 2 との接触部分中央からベルト 5 0 0 の駆動ローラ 5 0 1 との接触部分中央までのベルトの移動距離が、ベルト 5 0 0 の周方向厚さ変動の半周期に対応する長さの奇数倍になるように構成してもよい。この構成の場合は、上記フィードバック信号を生成するときの遅延回路が不要になる。

また、本実施形態においては、駆動ローラ 5 0 1 の半径とエンコーダが付された従動ローラ 5 0 2 の半径とが異なる場合は、上記両ローラの接触部分中央間のベルトの移動距離が、ベルト 5 0 0 の周方向厚さ変動の半周期に対応する長さの偶数倍になるように構成する。この構成の場合も、上記フィードバック信号を生成するときの遅延回路が不要になる。

また、本実施形態においては、従動ローラが複数ある場合、それらの従動ローラのうち温度による厚さ変動を受けにくい箇所に配置された従動ローラについて上記エンコーダ 6 0 1 を設けるのが好ましい。この場合は、エンコーダ 6 0 1 によって検出する従動ローラ 5 0 2 の回転角変位又は回転角速度の検出データが、温度の影響を受けにくくなる。

また、本実施形態によれば、上記駆動制御装置を画像形成装置の感光体ベルト、中間転写ベルト又は搬送転写ベルトの駆動制御に用いることにより、各ベルトに周方向の厚さ変動がある場合でも各ベルトを一定速度で駆動できる。従って、

画像の濃度ムラや位置ずれのない高画質の画像を得ることができる。特に、カラー画像形成装置に用いた場合は、色ずれのない高画質の画像を得ることができる。また特に、中間転写ベルトから搬送転写ベルト上の転写紙に画像を転写する画像形成装置の場合に、上記駆動制御装置を中間転写ベルト及び搬送転写ベルトの駆動制御に用いることにより、両ベルトの速度差に起因する画像の伸縮を防止することができる。

【 0 1 3 5 】

【発明の効果】

請求項 1 乃至 3 3 の発明によれば、従動支持回転体の回転角変位又は回転角速度変動の検出結果から、ベルトの周方向の周期的な厚さ変動に対応した周波数を有する、従動支持回転体の回転角速度の交流成分を抽出する。この抽出した交流成分の振幅及び位相に基づいて、駆動支持回転体の回転を制御することにより、ベルトの周方向に厚さ変動の影響を受けずにベルトを一定の移動速度で駆動することができる。また、上記ベルトの駆動制御のために、予めベルトの全周にわたって厚さを正確に測定したり、制御中にベルトの厚さを実測するための高価なセンサを設けたりする必要がないため、コストアップを抑えることができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

ベルトのフィードバック制御の概略構成図。

【図 2】

(a) 及び (b) はベルトの厚さとベルトの移動速度との関係について示す説明図。

【図 3】

(a) 及び (b) はベルトの従動ローラへの巻き付き状態の説明図。

【図 4】

本発明に係るベルト駆動制御方法の基本的な原理を説明するための説明図。

【図 5】

本ベルト駆動制御方法の一般化モデルを説明するための説明図。

【図 6】

本ベルト駆動制御方法の制御例に用いるベルト駆動制御装置における制御手段のブロック図。

【図 7】

図 6 のベルト駆動制御装置に付加する回路のブロック図。

【図 8】

エンコーダ出力のベルト厚さ変動周波数成分における各係数の関係を示すベクトル図。

【図 9】

エンコーダより検出されるパルス数のカウント方法の説明図。

【図 10】

クロック f を出力するための回路のブロック図。

【図 11】

位相 ϕ 遅延設定回路のブロック図。

【図 12】

DC モータを使用したときのベルト駆動制御装置における制御手段の概略ブロック図。

【図 13】

クロック $GNcf_0$ を出力するための回路のブロック図。

【図 14】

図 13 におけるデジタル微分回路のブロック図。

【図 15】

本発明の実施形態に係る画像形成装置の概略構成図。

【図 16】

他の実施形態に係る画像形成装置の概略構成図。

【図 17】

更に他の実施形態に係る画像形成装置の概略構成図。

【符号の説明】

500 ベルト

5 0 1 駆動ローラ（駆動支持回転体）

5 0 2 従動ローラ（従動支持回転体）

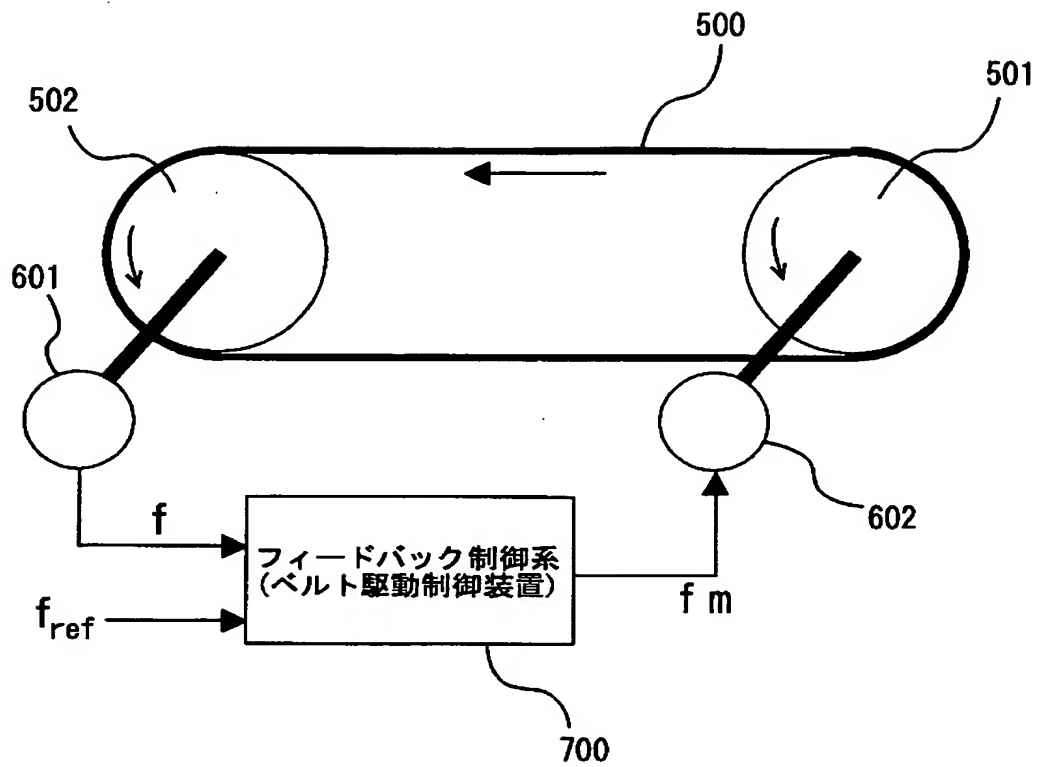
6 0 1 エンコーダ（検出手段）

6 0 2 モータ（駆動源）

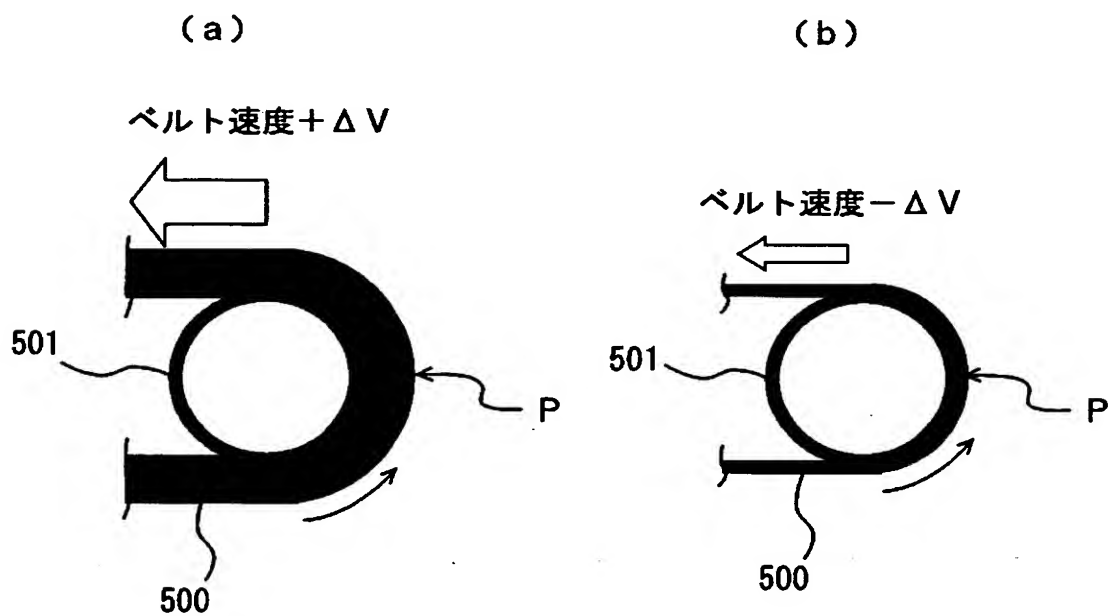
7 0 0 ベルト駆動制御装置

【書類名】 図面

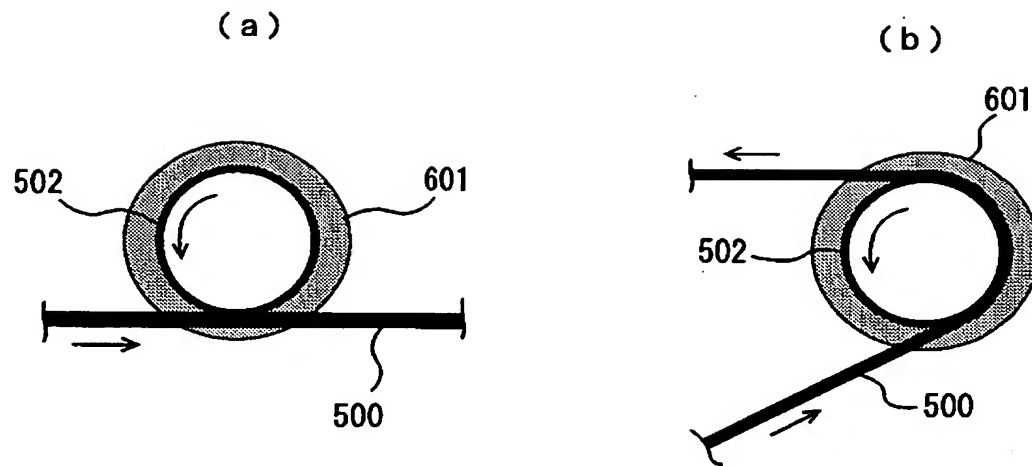
【図 1】



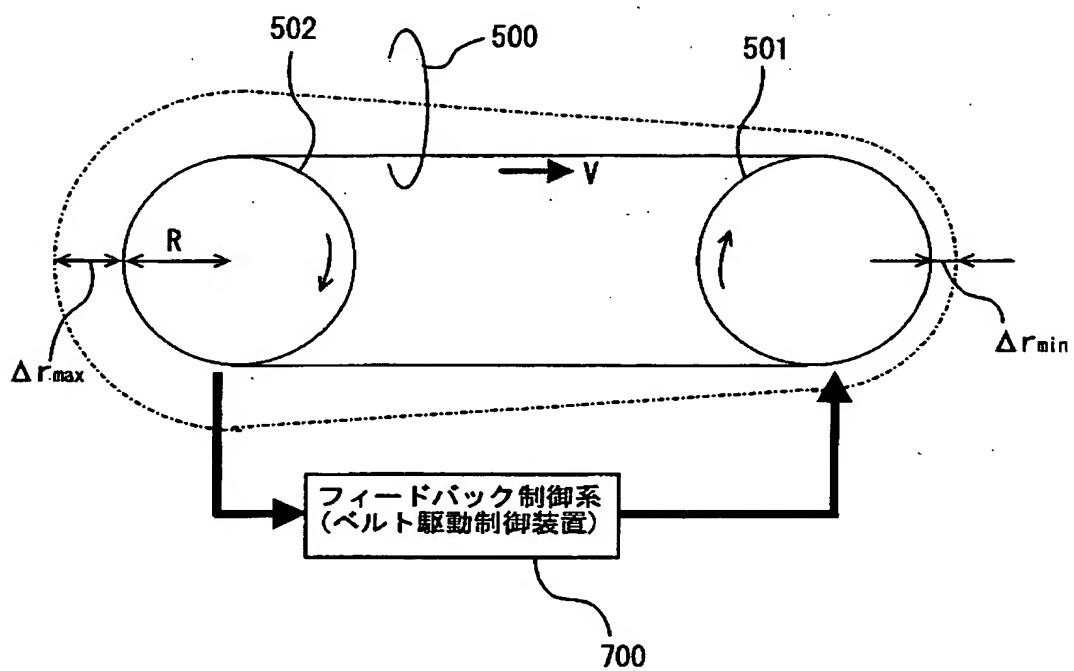
【図 2】



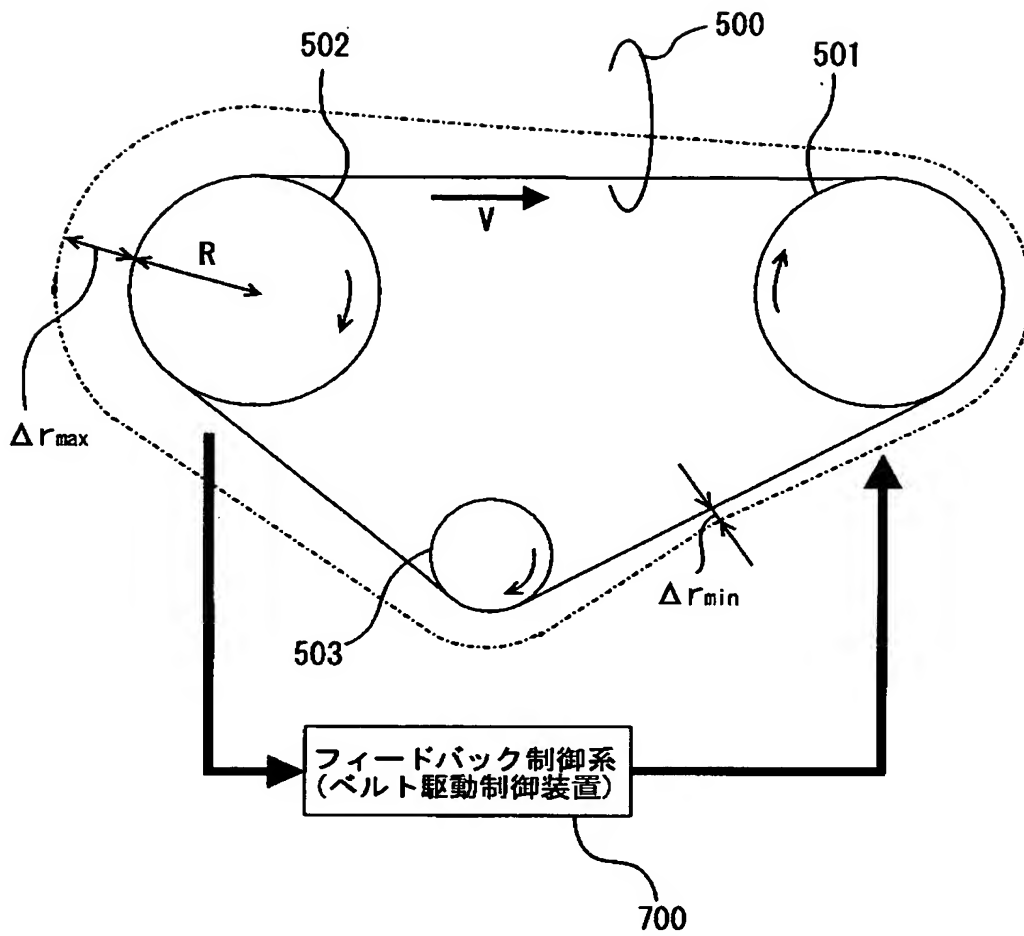
【図 3】



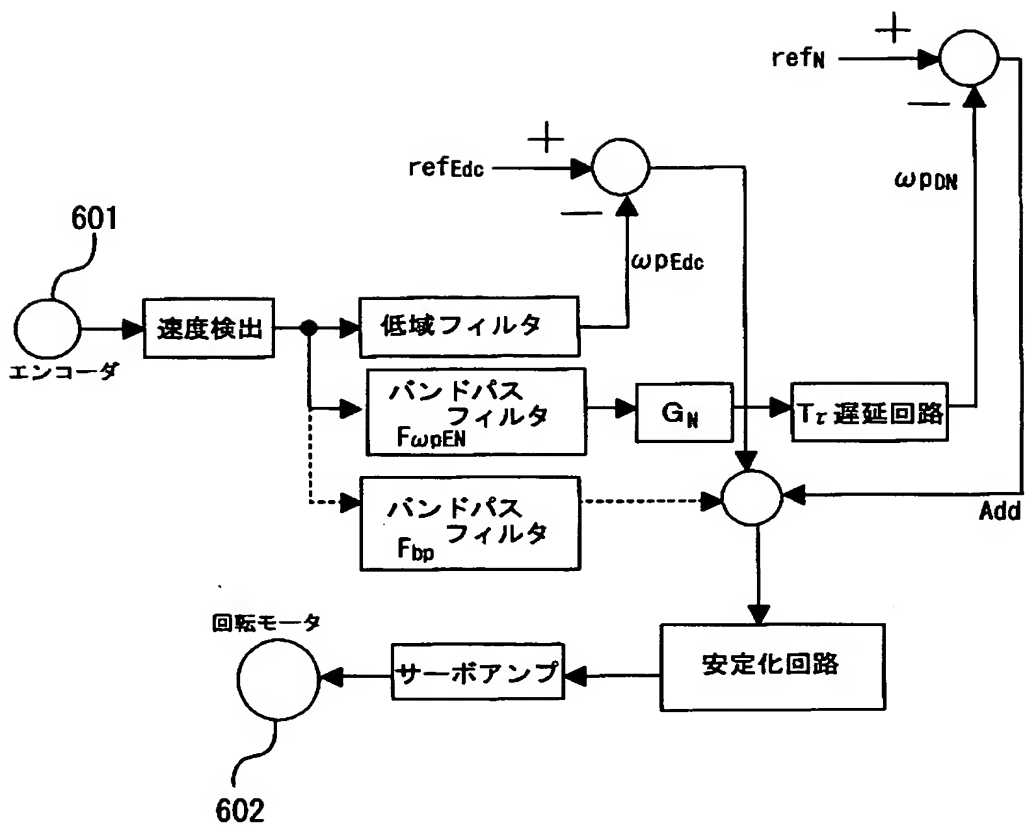
【図 4】



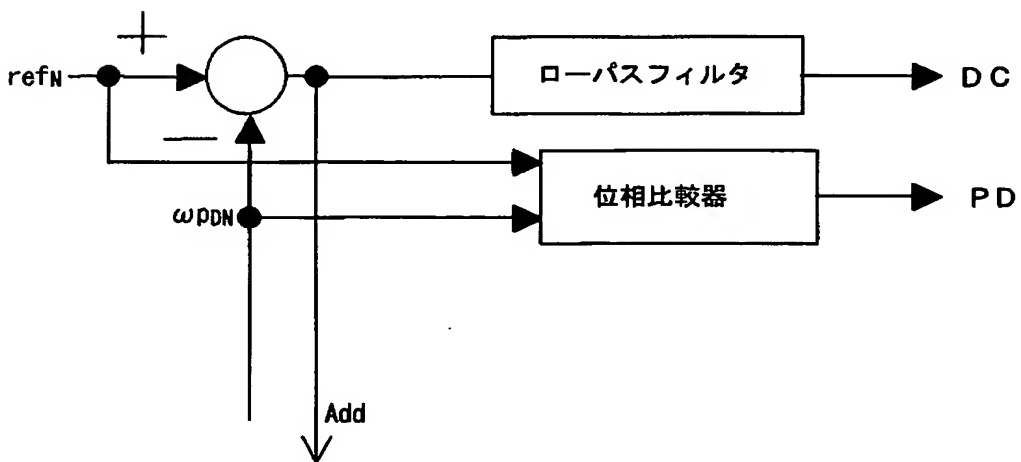
【図 5】



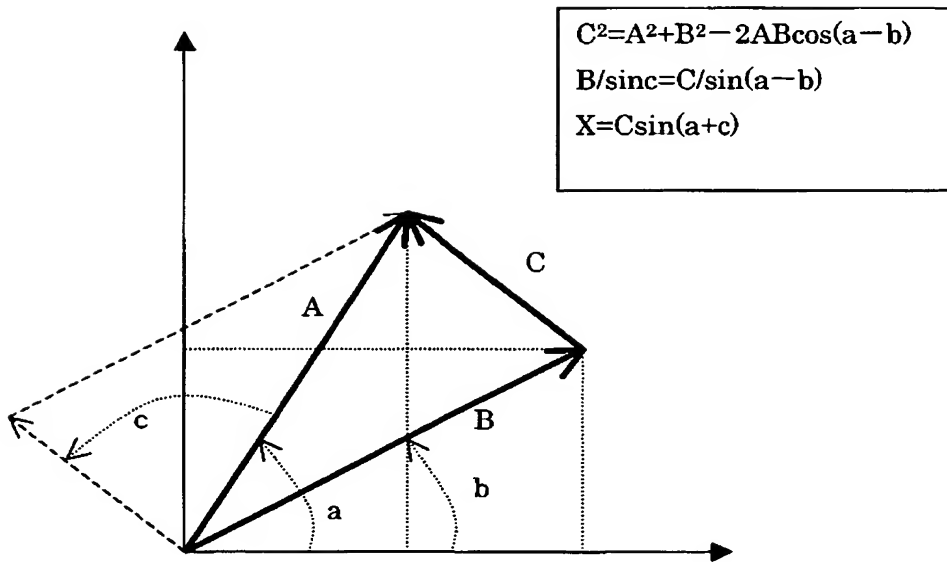
【図 6】



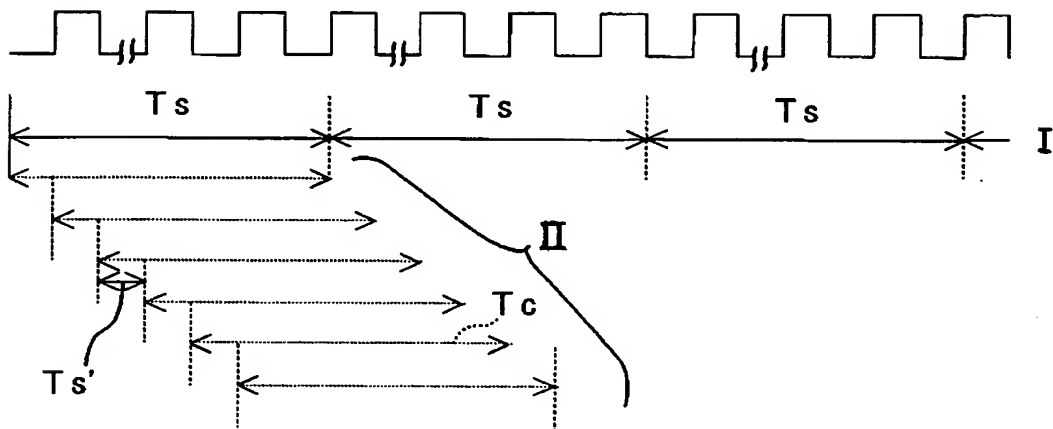
【図 7】



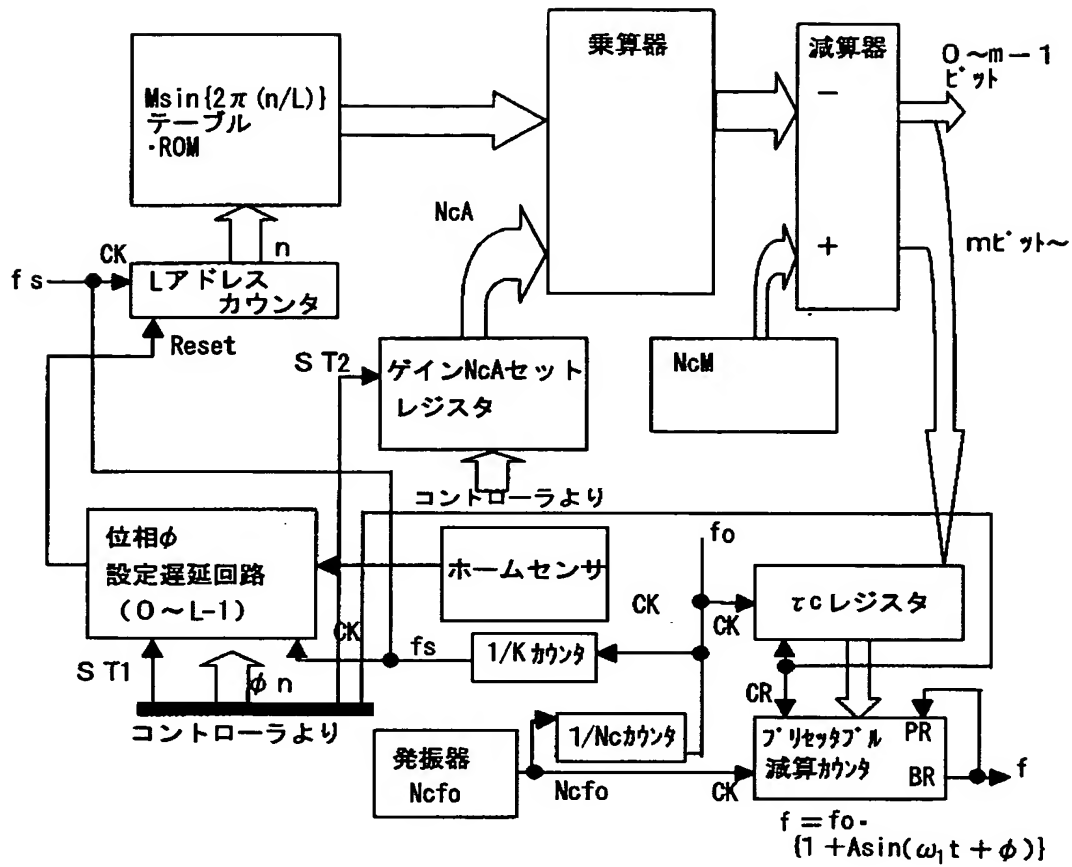
【図 8】



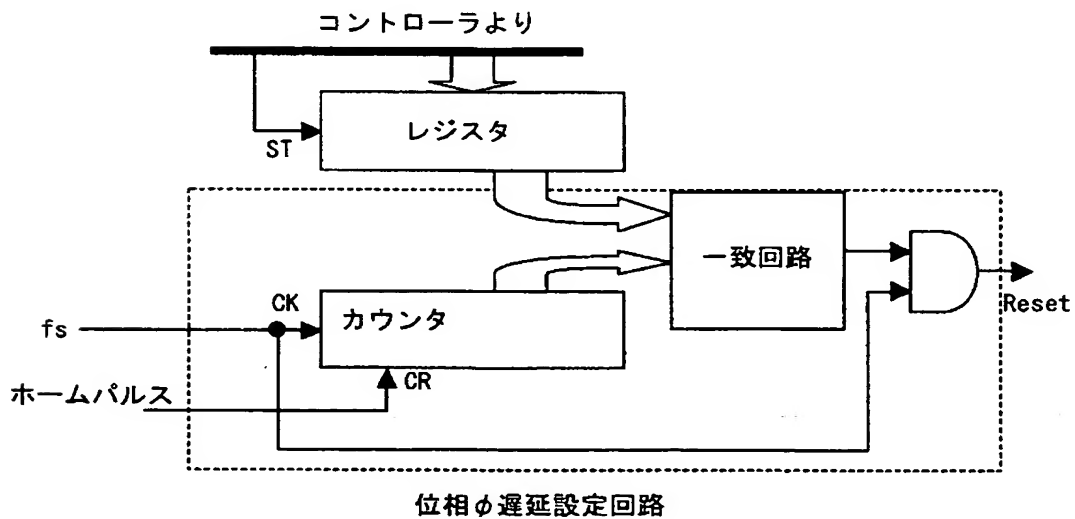
【図 9】



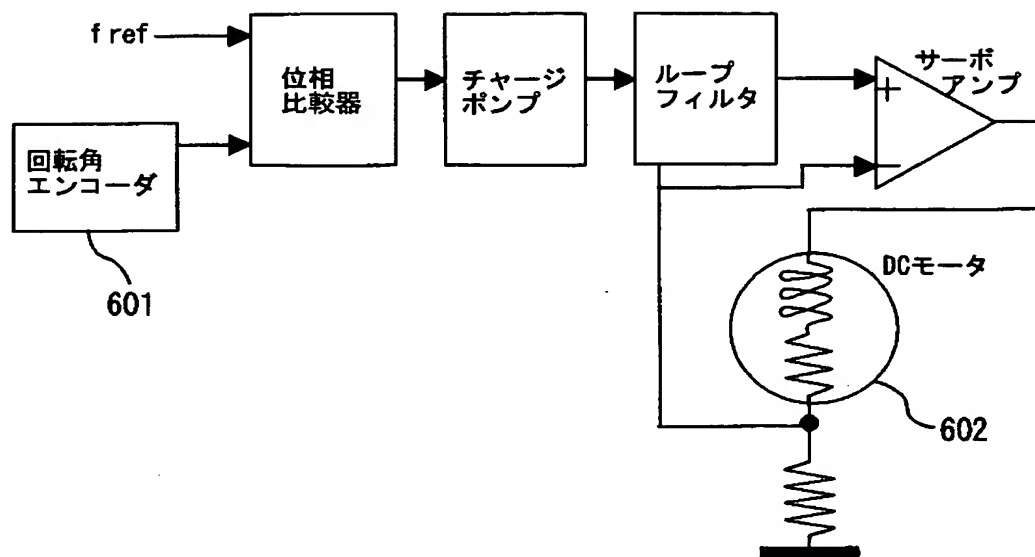
【図 10】



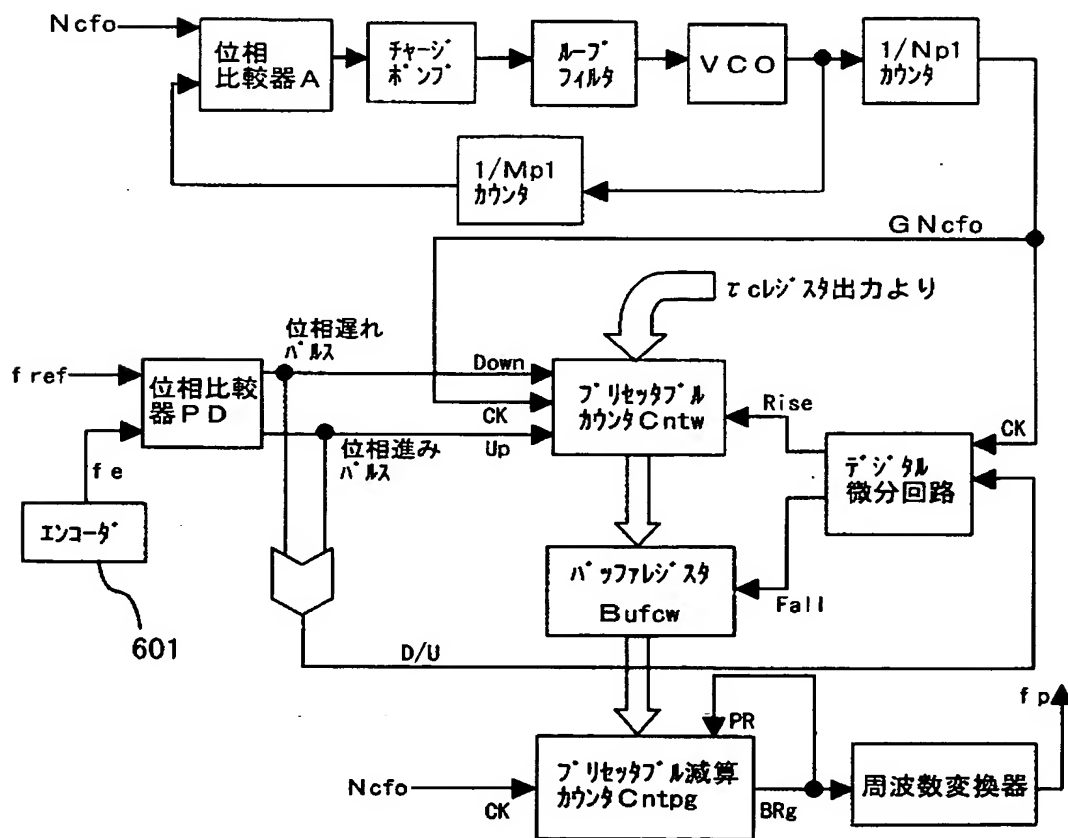
【図 11】



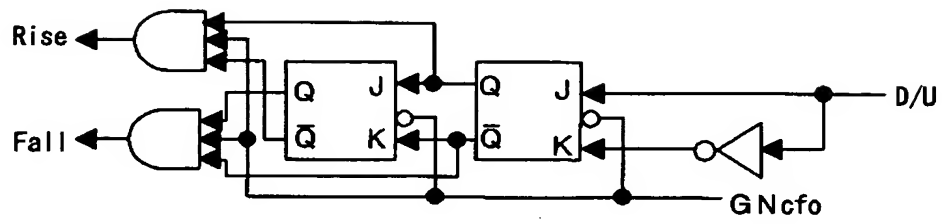
【図 12】



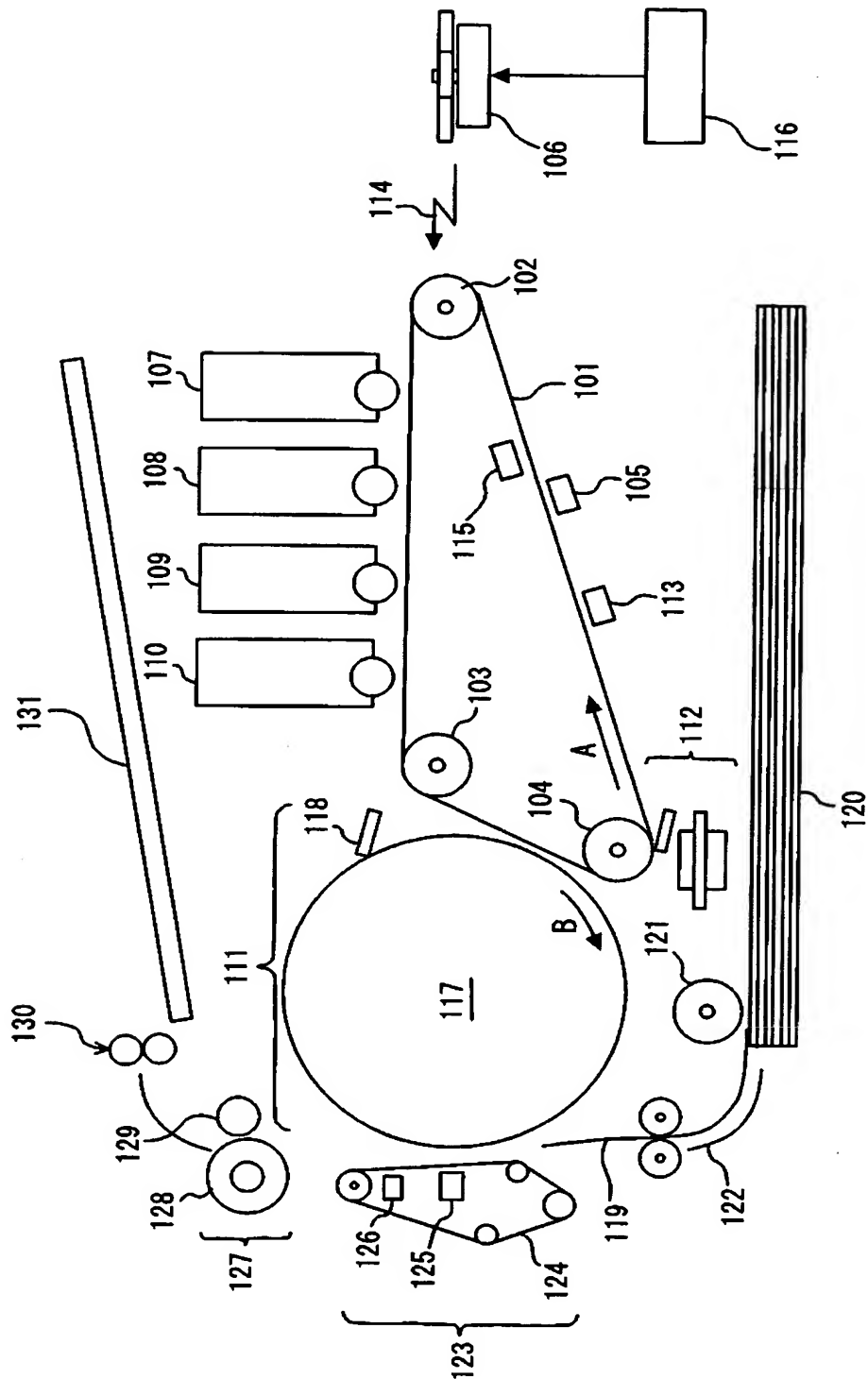
【図 13】



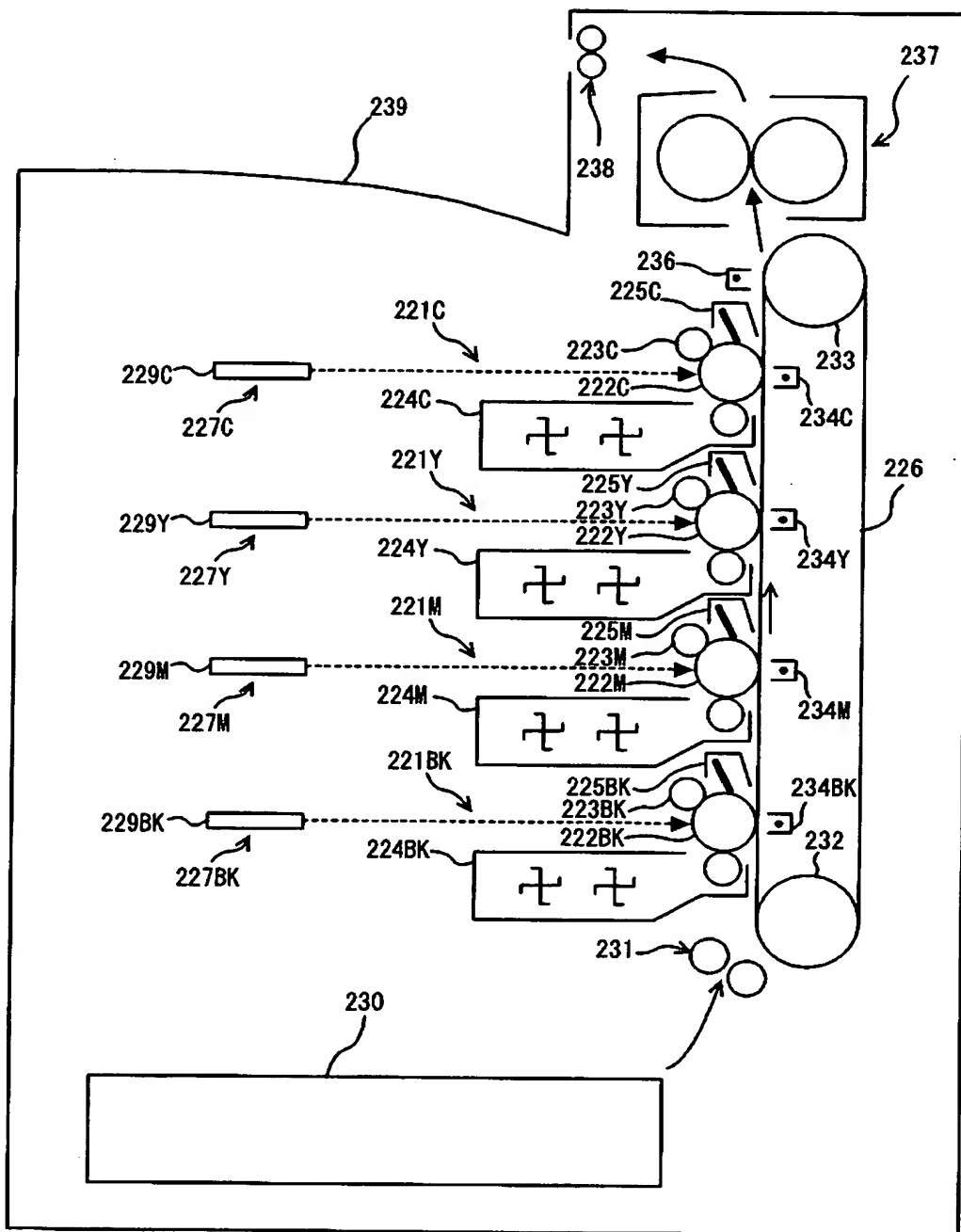
【図 14】



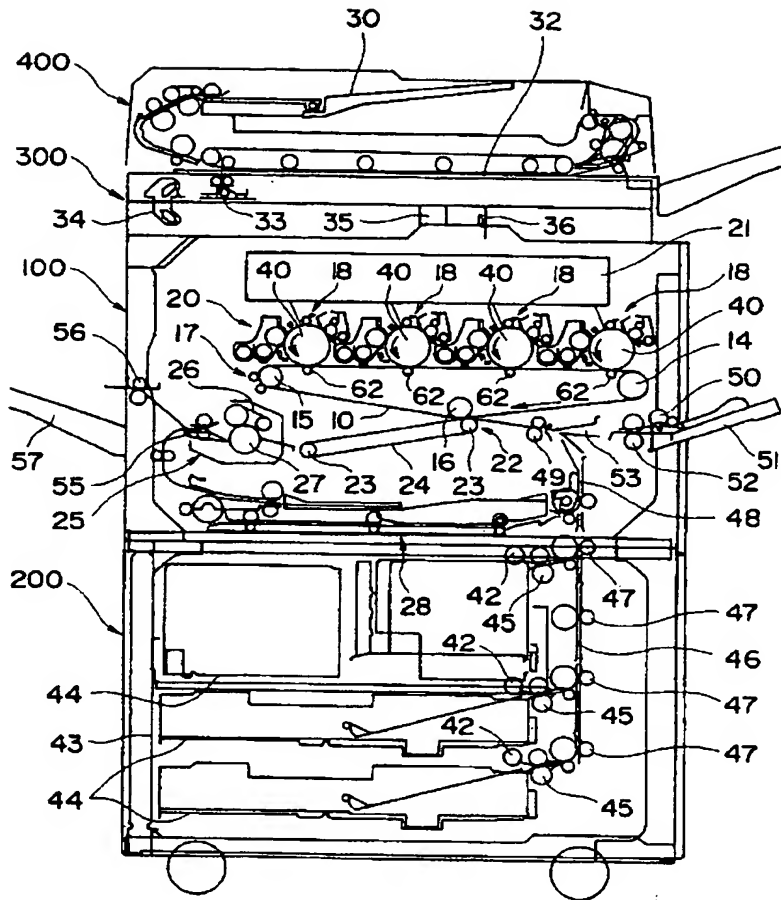
【図 15】



【図 16】



【図 17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 コストアップを抑えつつ、ベルトの厚さ変動の影響を受けずにベルトを一定の移動速度で駆動することができるベルト駆動制御方法及びその装置、ベルト装置、プロセスカートリッジ、画像形成装置、プログラム及び記録媒体を提供する。

【解決手段】 従動ローラ 5 0 2 の回転角変位又は回転角速度を検出し、その検出結果から、ベルト 5 0 0 の周方向の周期的な厚さ変動に対応した周波数を有する回転角速度の交流成分を抽出し、この交流成分の振幅及び位相に基づいて駆動ローラ 5 0 1 の回転を制御する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 1 9 7 1 8 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 7 4 7]

1. 変更年月日

2 0 0 2 年 5 月 1 7 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号

氏 名

株式会社リコー